ISSN 1014-3173

IRRI

Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz

EL ARROZ en la nutrición humana



EL ARROZ
en la nutrición humana

Preparado en
colaboración con la FAO
por

Bienvenido O. Juliano
Dependencia de Bioquímica
Dirección de Selección, Genética y Bioquímica Vegetales
Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz

PUBLICADO CON LA COLABORACION DEL
INSTITUTO INTERNACIONAL DE INVESTIGACION SOBRE EL ARROZ

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION
Roma, 1994

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Catalogación antes de la publicación de la Biblioteca David Lubin
FAO, Roma (Italia)
El arroz en la nutrición humana
(Colección FAO: Alimentación y nutrición, N°26)
ISBN 92-5-303149-2

1. Arroz 2. Nutrición humana
I. Titulo II. Serie

Código FAO: 80 AGRIS: S01

Prefacio

El arroz ha sido tradicionalmente el alimento básico y la principal fuente de ingresos para millones de personas y seguirá siendo el sostén principal de generaciones futuras. En muchos países, los esfuerzos esenciales de desarrollo para cubrir las necesidades alimentarias nacionales se centran en el arroz; en los países asiáticos en desarrollo el arroz constituye una partida importante del comercio internacional.

La FAO comenzó su serie de estudios de nutrición con la publicación titulada *Rice and rice diets: a nutrition survey*. Desde su publicación en 1948, ha progresado considerablemente nuestro conocimiento sobre las propiedades del arroz y sobre la alimentación basada en el arroz. Además se han logrado enormes aumentos en la producción de arroz y un mayor perfeccionamiento en la tecnología de elaboración. Para responder a la necesidad de ofrecer una información completa y técnica que refleje esos cambios notables se ha realizado esta nueva publicación sobre el arroz y la nutrición.

Se trata de una obra de vasto alcance y rica en detalles. Se analizan las prácticas del cultivo del arroz junto con sus pautas de consumo. Se describen algunos problemas nutricionales que a veces guardan relación con la alimentación a base de arroz y se ofrece amplia información sobre el valor nutritivo de este producto. También se habla de las características del arroz y de las cualidades que influyen en su consumo y comercio, así como de las técnicas para su elaboración y preparación. Se anali-

za también el futuro de la producción arrocera en el marco de las preocupaciones que suscitan el crecimiento demográfico y el medio ambiente, y se ofrece una amplia bibliografía.

Esta obra se ha escrito para una vasta gama de lectores de los sectores público, universitario e industrial, como fuente general de información sobre la mayoría de los aspectos de producción, elaboración, comercio y consumo del arroz. Esperamos que la obra, así como la información complementaria sobre el comercio del arroz que publica la FAO, responda satisfactoriamente a las preguntas de muchos lectores sobre este alimento tan importante, y contribuya a las actividades de desarrollo y capacitación que se llevan a cabo en todos los países.

John R. Lupien
Director
Dirección de Política Alimentaria
y Nutrición

Indice


This One
NEPZ-TZD-LAW5

Cuadros

Figuras

Capítulo 1
Introducción

El arroz (*Oryza sativa* L.) es el cultivo cerealero más importante del mundo en desarrollo y el alimento básico de más de la mitad de la población del planeta. Suele ser considerado como una planta herbácea anual semiacuática. Se conocen unas veinte especies del género *Oryza* pero prácticamente todo el arroz cultivado pertenece a *O. sativa* L. En Africa se cultiva una pequeña cantidad de *Oryza glaberrima*, una especie perenne. El llamado «arroz silvestre» (*Zizania aquatica*), cultivado en la región de los Grandes Lagos de los Estados Unidos, guarda un parentesco más estrecho con la avena que con el arroz.

Debido a su larga historia de cultivo y selección en diversos ambientes, *O. sativa* L. ha adquirido toda una gama de adaptabilidad y tolerancia de suerte que puede cultivarse en una amplia serie de regímenes hídricos/edafológicos que van de tierras profundamente inundadas a laderas de colina áridas (Lu y Chang, 1980). También se han desarrollado y explotado cultivares tolerantes a la sumersión por aguas de inundación (IRRI, 1975) (Figura 1), y a la alta salinidad; resistentes a la toxicidad del aluminio y del hierro, así como cultivares tolerantes a temperaturas frías en la fase de siembra o maduración en Asia (Chang, 1983), y a las limitaciones térmicas en Africa. El arroz se cultiva actualmente en más de 100 países de todos los continentes, salvo la Antártida, en una zona que va de los 50° de latitud norte a los 40° de latitud sur y que se eleva desde el nivel del mar hasta una altitud de 3 000 metros.

ORIGEN Y DIFUSION DEL ARROZ

El lugar geográfico donde se inició la domesticación del arroz todavía no se conoce de forma definitiva. Generalmente hay consenso que la domesticación del arroz se produjo de forma independiente en tres regiones: China, la

India e Indonesia, dando lugar a tres razas de arroz: sínica (conocida también como japónica) índica y javánica (conocida también en Indonesia como bulu), respectivamente. Hay indicios de que el arroz se cultivaba en la India entre el 1500 y el 2000 a.C. y en Indonesia en torno al 1650 a.C. Hallazgos arqueológicos han demostrado que el arroz tropical o índico se cultivaba en Ho-mu-tu, provincia de Chekiang, China, por lo menos hace 7 000 años (Chang, 1983). Recientemente se han encontrado en Lou-jia-jiao, provincia también de Chekiang, restos del arroz templado o sínico (japónica) de la

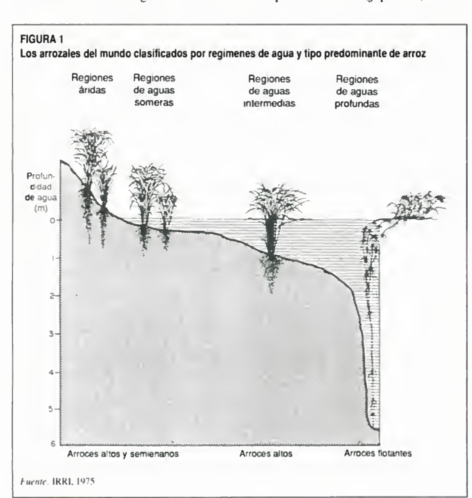


FIGURA 1
Los arrozales del mundo clasificados por regímenes de agua y tipo predominante de arroz

Fuente. IRRI, 1975

misma época (Chang, 1985). El arroz se extendió rápidamente desde su hábitat tropical (Asia meridional y sudoriental) y subtropical (China sudoccidental y meridional) a altitudes y latitudes mucho mayores en Asia, en tiempos tan recientes como hace 2 300 años en el caso del Japón (Chang, 1983). En los últimos seis siglos ha llegado a extremos tan lejanos como Africa occidental, América del Norte y Australia. El cultivo del arroz llegó a establecerse de forma firme en Carolina del Sur, Estados Unidos, en torno al año 1690 (Adair, 1972). El arroz se cultivó en Europa a partir del siglo VIII en Portugal y España, y del siglo IX al X en el sur de Italia (Lu y Chang, 1980).

PRODUCCION MUNDIAL DE ARROZ COMPARADA CON LA DE OTROS CEREALES

En el Cuadro 1 aparece la producción mundial anual de cereales en 1989. Un 95 por ciento del arroz del mundo se produce en los países en desarrollo y un 92 por ciento de ese porcentaje en Asia. En cambio, sólo un 42 por ciento del trigo producido se cultiva en países en desarrollo. En el Cuadro 2 aparece la producción de arroz, sus exportaciones e importaciones y las superficies estimadas de regadío por principales países productores de arroz. En 1988, China era el principal productor de arroz (35 por ciento), seguida de la India (22 por ciento), Indonesia (8,5 por ciento), Bangladesh (4,7 por ciento), Tailandia (4,3 por ciento) y Viet Nam (3,4 por ciento). De los principales productores de arroz sólo el Pakistán, los Estados Unidos y Egipto tenían totalmente de regadío el 100 por ciento de sus arrozales (IRRI, 1991a). En muchos países predomina el cultivo de secano como en Tailandia y en el Brasil.

Entre los cereales, la producción de arroz utiliza la mayor proporción de superficie. De los 147,5 millones de hectáreas de tierras dedicadas a la producción de arroz en todo el mundo en 1989, a los países en desarrollo corresponden 141,4 millones, es decir, el 96 por ciento. Asia cuenta con el 90 por ciento de la superficie de tierras del mundo dedicadas al cultivo de arroz. En esta región, se dedican 132,1 millones de hectáreas a este cultivo (FAO, 1990a).

CUADRO 1

Producción anual de cultivos cerealeros por regiones, junto con el total de tubérculos y raíces y legumbres, 1989 (millones de toneladas)

Región	Trigo	Arroz cáscara	Maíz	Sorgo	Mijo	Cebada	Centeno	Avena	Total de cereales	Total tubérculos y raíces	Soja, maní y legumbres
Africa	12,7	10,7	37.0	13,7	9,3	5,6	0,01	0,2	90,5	102,6	11,7
América del Norte y Central	84,2	9,5	212.0	22.0	0,2	20,9	1,2	9,1	360,6	23,8	59.9
América del Sur	19,0	17,1	36,6	3,1	0,05	1,2	0,1	1,1	78,4	43,7	36,3
Asia	192,0	469,9	113,7	19,1	15,2	15,3	1,2	0,9	830,0	242,0	55,4
Europa	127,5	2,2	55,5	0,6	0,03	71,6	13,5	11,7	290,9	103,0	10,1
Oceanía	14,3	0,8	0,3	1,2	0,02	4,4	0,02	1,7	23,0	2,9	1,8
ex URSS	92,3	2,6	15,3	0,2	4,1	48,5	20,1	16,8	201,3	72,0	12,5
Total mundial	542,0	512,7	470.5	59,9	28,9	167,6	36,1	41,6	1 874,7	590,2	185,6
Total de países desarrollados	317,2	25,5	280.8	18,1	4,3	145,7	34,8	39,3	877,1	203,6	80,4
Total de países en desarrollo	224,7	487,2	189.7	41,8	24,6	21,9	1,3	2,3	997,6	386,6	105,2

Fuentes: FAO, 1990a, 1990b.

CUADRO 2

Producción de arroz cáscara e importaciones y exportaciones de este cereal en 1988 y superficie arrocera de regadío estimada en 1987

País o región	Producción de arroz cáscara	Importaciones de arroz[1]	Exportaciones de arroz[1]	Superficie de regadío (*en porcentaje de la superficie arrocera*)
		(miles de toneladas)		
Total mundial	492 137	11 408	12 185	53
Asia	449 252	5 309	8 099	
Arabia Saudita	–	363	–	–
Bangladesh	23 097	674	–	19
China	173 515	314	802	93
Corea, R.D.P.	5 400	–	200	67
Corea, Rep.	8 260	1	1	99
Filipinas	8 971	119	–	58
Hong Kong	–	364	12	–
India	106 385	684	350	44
Indonesia	41 676	33	–	81
Iraq	141	603	–	–
Japón	12 419	16	–	99
Malasia	1 783	284	5	54
Myanmar	13 164	–	64	18
Pakistán	4 800	–	1 210	100
Singapur	–	213	3	–
Sri Lanka	2 477	194	–	77
Tailandia	21 263	–	5 267	27
Viet Nam	17 000	176	97	46
América del Norte y Central	9 509	699	2 261	
Estados Unidos	7 253	0	2 260	100
Africa	9 785	2 589	87	
Egipto	2 132	–	71	100
Madagascar	2 149	37	0	31
Nigeria	1 400	200	0	16

(cont.)

CUADRO 2 (continuación)

País o región	Producción de arroz cáscara	Importaciones de arroz[1]	Exportaciones de arroz[1]	Superficie de regadío (*en porcentaje de la superficie arrocera*)
		(*miles de toneladas*)		
América del Sur	17 741	255	467	
Brasil	11 806	108	26	18
Europa	2 211	1 827	950	
Italia	1 093	95	510	
Oceanía	784	231	298	
ex URSS	2 866	498	22	

[1]En arroz elaborado. El factor de conversión del arroz cáscara al arroz elaborado es 0,7.
Fuentes: FAO, 1990a; IRRI, 1991a.

CUADRO 3

Rendimiento medio de cultivos cerealeros por región (t/ha)

Región	Trigo	Arroz cáscara	Maíz	Sorgo	Mijo	Cebada	Centeno	Avena	Total de cereales
Africa	1,47	1,95	1,77	0,81	0,65	1,12	0,13	0,21	1,22
América del Norte y Central	2,10	5,09	5,92	3,37	1,20	2,52	1,79	1,83	3,65
América del Sur	1,90	2,50	2,10	2,23	1,11	1,71	1,02	1,45	2,09
Asia	2,32	3,56	2,90	1,04	0,77	1,41	1,44	1,51	2,71
Europa	4,60	5,35	4,96	3,74	1,22	4,04	3,03	2,89	4,26
Oceanía	1,59	7,40	4,93	1,86	0,89	1,80	0,54	1,48	1,69
ex URSS	1,94	3,90	3,72	1,22	1,48	1,76	1,87	1,56	1,90
Total mundial	2,40	3,48	3,66	1,35	0,78	2,31	2,14	1,79	2,66
Total de países desarrollados	2,53	5,86	6,05	3,17	1,46	2,60	2,18	1,83	3,10
Total de países en desarrollo	2,24	3,40	2,31	1,08	0,72	1,32	1,40	1,36	2,37

Fuente: FAO, 1990a.

Los rendimientos medios de los cultivos cerealeros en varias regiones del mundo durante 1989 fueron menores en los países en desarrollo que en los países desarrollados (FAO, 1990a) (Cuadro 3). Los rendimientos de arroz cáscara fueron máximos en Oceanía, sobre todo Australia, seguida por Europa y América del Norte y Central, correspondiendo los rendimientos mínimos a Africa y América del Sur.

Cuando se ajustaron los rendimientos de los diversos cereales empleando factores de conversión basados en los índices de extracción, se obtubo que el arroz tenía el rendimiento máximo entre los cereales (Cuadro 4). Los rendimientos en energía alimentaria fueron proporcionales a los alimentarios, pues el contenido de energía de los cereales es similar. Sin embargo, el rendimiento en proteína alimentaria era superior en la harina de trigo blanco que en el arroz elaborado debido al mayor contenido proteínico de la primera.

METODOS DE PRODUCCION DE ARROZ

Arroz de regadío

De un examen de los métodos de producción de arroz resulta que las prácticas van de sistemas muy primitivos a otros muy mecanizados (De Datta, 1981; Luh, 1980; Yoshida, 1981). Las máquinas agrícolas más importantes que se emplean en la producción de arroz son los tractores y las motocultivadoras de dos ruedas (Barker, Herdt y Rose, 1985). En 1980, el

Utilización de búfalos para el arado



CUADRO 4

Rendimiento comparado en grano, energía alimentaria y proteínas de los cereales según contenido energético y proteínico y factor de conversión (índice de extracción)

Cereal	Rendimiento medio *(t/ha)*	Factor de conversión	Alimento derivado	Rendimiento ajustado *(t/ha)*	Contenido de energía *(kcal/g)*	Rendimiento en energía alimentaria *(10^6 kcal/g)*	Contenido de proteína *(porcentaje)*[1]	Proteína ajustada *(%N × 6,25)*	Rendimiento de proteína alimentaria *(t/ha)*
Trigo	2,40	0,73	harina blanca	1,8	3,85	6,9	11,2	12,3	0,22
Arroz cáscara	3,48	0,70	arroz elaborado	2,4	3,75	9,0	7,5	7,9	0,19
Maíz	3,66	0,56	harina de maíz	2,0	3,97	7,9	7,5	7,5	0,15
Sorgo	1,35	0,80	harina blanca	1,1	3,85	4,2	8,3	8,3	0,09
Mijo	0,78	1,0	grano entero	0,78	3,94	3,1	5,6	5,6	0,04
Cebada	2,31	0,55	harina blanca	1,3	3,90	5,1	8,2	8,2	0,11
Centeno	2,14	0,83	harina blanca	1,8	3,75	6,8	7,3	8,0	0,14
Avena	1,79	0,58	avena blanca	1,0	3,92	3,9	14,2	14,2	0,14

[1] El factor del N fue de 6,25.
Fuentes: FAO, 1990a; Lu y Chang, 1980; Eggum, 1969, 1977, 1979.

número de tractores empleado por 1 000 hectáreas iba de 0,1 a 26 en el Asia tropical, a 56 en China, 73 en Taiwan (China), 198 en la República de Corea y 1 158 en el Japón. En Asia, los animales (búfalo y búfalo de agua, carabao) siguen empleándose para el arado y el rastrillaje. La roturación del terreno puede realizarse mientras el suelo está seco o mojado, según la abundancia de agua, pero para el arroz de regadío el suelo se prepara húmedo, o encenegado en Asia, mientras que el encenegamiento no se practica por lo general en América, Europa y Africa. En los terrenos sin una fuerte capa, donde los animales y los tractores se hunden en el barro, el suelo suele prepararse con azadones de mano. Independientemente de que la tierra se prepare húmeda o seca, el agua se suele retener en los arrozales de tierras bajas con muretes o camellones.

La mayor parte del arroz de riego se trasplanta, aunque cada vez se recurre más a la siembra directa. Antes se deja germinar la simiente y luego se planta en semilleros húmedos durante 9 a 14, 20 a 25 ó 45 a 50 días después de la siembra, trasplantándose seguidamente a mano o con trasplantadores mecánicos. El número de plántulas por mata o macolla puede variar de 1 a 8. La siembra directa se hace en Asia echando manualmente a voleo el grano pregerminado, mientras que en los Estados Unidos y Australia se siembra en el agua desde un aeroplano. La semilla puede también plantarse con máquina en el terreno encenegado o directamente en el suelo seco. El arroz de aguas profundas se suele sembrar en seco, aunque a veces se trasplanta una o dos veces.

Lo ideal es mantener el agua en el arrozal para impedir el desarrollo de maleza durante la época de crecimiento. La escarda a mano y las escardadoras mecánicas o rotatorias son de empleo general. Los herbicidas son también económicos y eficaces. Normalmente se practica el abonado para aumentar el rendimiento, especialmente con las variedades modernas, semienanas o de alto rendimiento que responden perfectamente a los fertilizantes sin encamarse. Se emplean abonos tanto inorgánicos como orgánicos, y en particular abonos verdes como el de la leguminosa *Sesbania* spp. y plantas acuáticas como *Azolla* y *Anaebena* spp. Las variedades modernas de arroz aumentan su rendimiento en grano en 6 kg por kg de fertilizante aplicado en la temporada húmeda y en 9 kg por kg de fertilizante

CUADRO 5

Superficie recolectada, rendimiento y producción de arroz cáscara en 37 importantes países en desarrollo productores de arroz, por ecosistemas

Ecosistema	Superficie		Rendimiento (t/ha)	Producción	
	(millones de ha)	*(%)*		*(millones de)*	*(%)*
De regadío	67	49	4,7	313	72
Tierras bajas de secano	40	29	2,1	84	19
Tierras de montaña	18	13	1,1	21	5
Tierras húmedas de aguas profundas, marismas	13	9	1,5	19	4
Total	138	100	3,2[1]	437	100

[1] Promedio ponderado.
Fuente. IRRI, 1989.

aplicado en la temporada seca, y el total de elementos nutritivos procedentes de fertilizantes por hectárea oscila de 10 a 100 kg por ha en Asia tropical y de 200 a 350 kg por ha en el Japón, Taiwan (China) y la República de Corea (Barker, Herdt y Rose, 1985).

Otros ecosistemas arroceros

El arroz de tierras bajas de secano se cultiva en suelos encenegados de campos limitados por diques que pueden almacenar agua con 0 a 25 cm de profundidad (baja) y con 25 a 50 cm (media), superándose raras veces estas profundidades en esas zonas (Huke y Huke, 1990). No reciben agua de riego procedente de desviaciones fluviales, embalses o pozos profundos, sino que se alimentan de agua de lluvia o por escorrentía de una cuenca local de captación. Las condiciones climáticas y edafológicas que predominan en los arrozales de secano someros son muy variables. En los arrozales bajos de secano de aguas profundas (50 a 100 cm), no pueden emplearse las variedades semienanas modernas. El empleo de fertilizantes es bajo, siendo difícil el arraigo de las plantas, casi imposible la lucha contra las plagas, y los rendimientos son escasos. El arroz de tierras bajas de secano sigue en importancia al arroz de regadío en cuanto a superficie y producción (Cuadro 5).

El arroz de montaña o de secano se cultiva en arrozales que no tienen diques, pero que están preparados y sembrados en enjuto y dependen de las lluvias para su humedad (Huke y Huke, 1990). En el Brasil, gran parte del cultivo de arroz es de montaña. En la India y en todo el Asia sudoriental, el cultivo de montaña es común en las riberas de los ríos al retirarse las aguas al final de la temporada de las lluvias. Los suelos suelen ser densos y la humedad residual sostiene por sí sola el desarrollo de la planta. El cultivo de arroz de montaña va desde el cultivo migratorio de zonas colinosas o montañosas aforestadas que se limpian y queman, hasta grandes operaciones mecanizadas. Entre estos dos extremos está el cultivo de arroz de montaña a la que recurren centenares de miles de agricultores en regiones montañosas en pendiente, que están expuestas a una grave erosión de los suelos y a frecuentes sequías. Los cosecheros más pobres de arroz labran esas colinas con unos perjuicios ecológicos gravísimos. En el sur y sudeste de Asia, un 13 por ciento de la superficie arrocera total es de montaña (Cuadro 5), pero en algunos países de Africa y América Latina el arroz de montaña supera el 50 por ciento de la superficie nacional total dedicada a este cultivo. Los rendimientos son mínimos en el arroz de montaña (Cuadro 5).

En el arroz de aguas profundas, ésta es de por lo menos 1 m durante gran parte de la temporada de cultivo. En vastas extensiones de Bangladesh así como en partes de los deltas del Mekong y del Chao Praya, la profundidad del agua puede superar los 5 m, pero en otras regiones se halla normalmente entre 1 y 3 m (Huke y Huke, 1990). Cuando el agua crece rápidamente después del comienzo de las lluvias monzónicas, el arroz se suele sembrar a voleo en terrenos no enlodados que raras veces están circunscritos por diques de algún tipo. Las variedades sembradas son altas y foliares, con pocos tallos. Son sensibles al fotoperíodo y maduran sólo después de la temporada de las lluvias. Pueden alargarse y flotar al subir el nivel del agua. Las grandes obras de construcción de diques y de protección contra inundaciones que se han realizado en las dos últimas décadas han mejorado muchos arrozales que antes eran de aguas profundas convirtiéndolos en arrozales de secano o de riego en Bangladesh, la India, Tailandia y el sur de Viet Nam.

RECOLECCION

El arroz tropical suele cosecharse a un 20 por ciento o más de humedad, unos 30 días después de un 50 por ciento de floración, que es cuando los granos dan el máximo rendimiento total y de arroz entero. El contenido de humedad en la recolección es menor durante la temporada seca que en la temporada húmeda debido a la acción secante del sol mientras se halla en la planta intacta. El período real de producción de materia seca no es superior a los 14-18 días después de que el grano pasa por el secado.

La recolección se realiza cortando el tallo, secándolo y luego con trillo manual consistente en golpear las espigas en una plataforma de bambú agujereada, o en hacer que animales u hombres pisen las plantas segadas, o con el empleo de trilladoras mecánicas. En grandes extensiones como la hacienda Muda en Malasia y en los Estados Unidos, Australia, Europa y América Latina se emplean cosechadoras-trilladoras.

La práctica común es el secado al sol hasta conseguir un 14 por ciento de humedad, pero es un sistema poco seguro durante la temporada húmeda. Se han proyectado muchas secadoras mecánicas pero no han tenido éxito entre los agricultores e industriales. El arroz cáscara secado se avienta luego para eliminar la granza, y ello se hace con una aventadora manual o una aventadora de madera de acción manual.

MANO DE OBRA

Los agricultores asiáticos que cultivan variedades modernas es probable que empleen relativamente más mano de obra que los que cultivan variedades tradicionales (Barker, Herdt y Rose, 1985). La contribución de mano de obra de la familia y de trabajo asalariado varía mucho de un lugar a otro.

Hay varias fases en el cultivo del arroz, entre ellas la selección de semillas, la preparación de la tierra y los semilleros, el trasplante, la escarda, la aplicación de abono, el manejo de plagas, la recolección, el trillado, secado y la venta. Huke y Huke (1990) estiman que las necesidades de mano de obra para una hectárea de producción arrocera de poca intensidad en régimen de agricultura de secano y con empleo de semillas mejoradas de IR36 y de 50 kg de fertilizante de urea, son de unas 84 personas-día y 14 días-animal, lo que rendiría 2,5 toneladas de arroz cáscara. Para rendir 2,5 toneladas con

empleo de una hoz para la recolección y trillado manual se consumirán por lo menos 22 personas-día. En cambio, el insumo de mano de obra en la producción arrocera californiana de gran intensidad técnica de unas 350 hectáreas es de 40 personas-día (Herdt, 1986).

Huke y Huke (1990) calculan la eficiencia energética de la producción arrocera de baja intensidad en cierto lugar de Filipinas en 12 calorías por caloría empleada. Con insumos medios y altos, las razones de producción eran de 7-8 calorías por caloría empleada.

Aunque la mujer constituye del 25 al 70 por ciento de la mano de obra en los sistemas arroceros de Asia, su importancia no ha sido reconocida ni sus necesidades atendidas por el desarrollo tecnológico (Feldstein y Peats, 1990). Las mujeres participan en las actividades de producción, venta y elaboración de arroz y otras conexas. Ahora se reconoce comúnmente que la mujer es a menudo activa en la producción agrícola y que, lo mismo que el hombre, es una usuaria y beneficiaria potencial de las nuevas técnicas. Actualmente en los proyectos de investigación se integra el análisis en función de la diferencia de sexo, dándose prioridad a las tecnologías que reducen la carga sobre la mujer rural, sin desplazar su capacidad generadora de ingresos. Se trata del manejo integrado de plagas, ordenación de semillas y utilización y elaboración del arroz después de la cosecha (Unnevehr y Stanford, 1985).

COSTOS DE PRODUCCION

El costo total de producir una tonelada de arroz cáscara en cultivos de riego durante 1987-1989 se compara en el Cuadro 6 con el del arroz cáscara de montaña y el de tierras no inundadas. El costo total por hectárea y el rendimiento en grano fue máximo para el arroz de regadío y mínimo para el arroz de montaña.

VARIEDADES MODERNAS DE ALTO RENDIMIENTO

En el decenio de 1950, el crecimiento de la producción arrocera en la mayoría de los países asiáticos se debió a la expansión de la superficie sembrada, pero en los decenios de 1960 y 1970 el aumento del rendimiento fue más importante (Barker, Herdt y Rose, 1985). Los factores que determi-

CUADRO 6

Costo total de producir una tonelada de arroz cáscara expresado en dólares estadounidenses, 1987-89

País	Arroz de regadío	Arroz de montaña	Arroz de tierras no inundadas
Argentina	870	–	–
Colombia	204	–	194
Corea, Rep	939	–	–
Ecuador	441	196	295
Estados Unidos	481	–	–
Filipinas	124	–	–
India	–	–	303
Indonesia	82	141	104
Italia	543	–	–
Japón	3 676	–	–
Nepal	96	–	108
Portugal	376	–	–
Tailandia	98	–	–

Fuente: FAO, 1991.

naron ese comportamiento fueron la introducción de variedades semienanas y un mayor empleo de fertilizantes.

Las variedades semienanas desarrolladas en el Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz (IRRI) presentan un tipo de planta que contrasta con la de las variedades tradicionales altas y sensibles al fotoperíodo. Sus hojas son erectas, tienen un fuerte ahijamiento y una escasa sensibilidad al fotoperíodo. Su estructura vegetal les permite absorber nutrientes sin encamarse y permite a la luz del sol penetrar en la copa foliar. La duración del crecimiento es más breve en las variedades modernas acercándose a los 100 días, contados desde la siembra, lo que permite tres cosechas al año. Con unos niveles bajos de insumos, rinden más comparadas con las variedades tradicionales. Sin embargo, en todos los casos, las variedades modernas superan a las tradicionales, con más insumos de energía, insecticidas y fertilizantes.

Para 1981-84, las variedades modernas se sembraban en el 13 por ciento de la superficie arrocera total en Tailandia, 34 por ciento en la República de Corea, 25 en China, 25 en Bangladesh, 36 en Nepal, 54 en Malasia, 46 en el Pakistán, 49 en Myanmar, 54 en la India, 82 en Indonesia, 85 en Filipinas y 87 en Sri Lanka (Dalrymple, 1986). El bajo índice de adopción en Tailandia se debe a que ese país necesita variedades de grano largo (arroz integral o pardo de una longitud mayor que 7 mm) para la exportación. Actualmente más del 60 por ciento de la superficie arrocera del mundo se siembra con variedades de un tipo mejorado.

Los potenciales de rendimiento de las nuevas variedades modernas no son superiores a los de la primera variedad moderna IR8, pero muestran una mejor resistencia a las plagas de insectos y a las enfermedades, y una mayor tolerancia a situaciones de estrés ambientales desfavorables. No obstante, sus mayores resistencias son características de un solo gen, que acaban siendo superadas por las plagas al cabo de algunos años. Es un hecho comprobado la reaparición de insectos, donde la pulverización de insecticidas ha aumentado la población de éstos en lugar de reducirla (Chelliah y Heinrichs, 1984). Se consideran necesarias soluciones alternativas de resistencia horizontal o multilineal pues se produce un derrumbe rápido de la resistencia al delfácido *Laodelphax striatella*, a causa de la aparición de nuevos biotipos de insectos. En el arroz cultivado, *O. sativa*, no se ha identificado ninguna fuente de resistencia a la virosis de las hojas anaranjadas. Sin embargo, se han observado fuentes de resistencia en las especies silvestres, que se están introduciendo mediante cruces generales con *O. sativa*.

EXPLOTACIONES ARROCERAS

El tamaño medio de la explotación arrocera es de menos de 1 hectárea en Bangladesh, el Japón, la República de Corea y Sri Lanka, de más de 1 hectárea en Indonesia y Nepal, de 2 hectáreas en Malasia, el Pakistán, Filipinas y de 3 hectáreas en Tailandia (IRRI, 1991a). Los tipos más comunes de tenencia de tierras son la aparcería y el arrendamiento fijo (Barker, Herdt y Rose, 1985). El cultivo en régimen de aparcería se practica ampliamente en Bangladesh, la India, el Pakistán e Indonesia. En todos los

países de la región existen también sistemas de arrendamiento fijo, pero no son tan comunes como las aparcerías. En la reforma agraria llevada a cabo en China, la República Popular Democrática de Corea, Viet Nam y Myanmar, el Estado ha expropiado la tierra, que se explota en régimen de propiedad pública. En las reformas agrarias del Japón y Taiwan (China), a los antiguos arrendatarios se los ha considerado propietarios. En Filipinas se llevó a cabo rápidamente en 1972 la reforma agraria a favor de los arrendatarios fijos, pero ha sido lenta la transmisión de la propiedad de la tierra.

COMERCIO ARROCERO

Un 4 por ciento de la producción mundial de arroz pasa al comercio internacional. Los principales exportadores en 1988 fueron Tailandia, los Estados Unidos y el Pakistán, mientras que los principales importadores fueron Iraq, los territorios que fueron de la Unión Soviética, Hong Kong, la Arabia Saudita, Malasia, Singapur, Sri Lanka, Nigeria, Bangladesh y el Brasil (FAO, 1990a) (Cuadro 2). Viet Nam se convirtió en el tercer mayor exportador de arroz del mundo en 1989, con 1,38 millones de toneladas métricas de arroz elaborado (IRRI, 1991a).

PLAGAS Y ENFERMEDADES

Las plagas y enfermedades son los problemas principales de las zonas tropicales, especialmente en el monocultivo de arroz, ya que en el medio ambiente están siempre presentes huéspedes. Los roedores y las aves, así como los caracoles dorados, reducen los rendimientos del arroz. Las principales plagas de insectos son el barrenador del tallo del arroz y la langosta verde, que es el vector de la virosis de las hojas anaranjadas, y la cicadela marrón del arroz, que causa la quemadura. Se ha tratado de luchar contra los insectos creando variedades con una mejor resistencia a las plagas. El manejo integrado de plagas se está popularizando ante el problema de la reaparición de los insectos debido al empleo excesivo de insecticidas.

Las enfermedades principales de las plantas de arroz en el Asia tropical siguen siendo la piriculariosis o tizón del arroz y la marchitez bacteriana del

arroz. La lucha contra el añublo resulta difícil debido a la existencia de muchas estirpes del mismo. El tizón constituye un problema especial en el arroz de montaña. La principal enfermedad vírica es la virosis de las hojas anaranjadas transmitida por la cicadela verde de la hoja. El gorgojo del arroz y la hoja blanca en América Latina, junto con el abigarrado amarillo y el diopsis en Africa, constituyen los problemas principales. La incorporación de resistencia en las variedades arroceras se complica por la presencia de muchas estirpes de enfermedades como en el tizón, así como por la existencia de biotipos de plagas, como en el delfácido *Laodelphax striatella*.

CONCLUSION

Los grandes incrementos de producción que se obtuvieron en los decenios de 1960 y 1970 lo fueron en las zonas de regadío y en las zonas bajas de secano favorables, donde las variedades de corta duración semienanas pueden mostrar su alto rendimiento potencial. Los rendimientos agrícolas medios del arroz inundado en muchos países siguen siendo de unas 3 a 5 toneladas por hectárea, aunque algunos agricultores logran hasta el doble. Los arrozales de regadío abarcan ahora casi la mitad de la superficie total cultivada, contribuyendo en cambio a más de dos terceras partes de la producción total, previéndose que seguirán dominando el sector (Cuadro 5). Los entornos menos favorables (tierras bajas de secano poco idóneas, tierras altas y tierras húmedas de aguas profundas y de marismas) producen del 20 al 25 por ciento de todo el arroz del mundo. Estos ecosistemas arroceros deben sostener a agricultores y consumidores, que hasta ahora han obtenido pocas ventajas de los adelantos modernos en la tecnología arrocera.

Capítulo 2

Consumo de arroz y problemas nutricionales en los países consumidores

En treinta y nueve países del mundo el arroz constituye la alimentación básica, aunque la dependencia de este producto para obtener energía alimentaria es mucho mayor en Asia que en otras regiones (FAO, 1985a) (Cuadro 7). La dependencia energética del arroz en Asia meridional y sudoriental es superior a la de cualquier otro producto básico en las demás regiones. Asia meridional tiene también la menor ingestión de energía. El arroz proporciona entre el 35 y el 59 por ciento de la energía consumida por 2 700 millones de personas en Asia (FAO, 1985a). Como promedio, el 8 por ciento de la energía alimentaria es suministrada por el arroz a 1 000 millones de personas en Africa y América Latina. Según los datos de la FAO, la disponibilidad per cápita de arroz elaborado en distintos países asiáticos en 1987-1989 iba del 19 a más del 76 por ciento del aporte total de energía alimentaria (Cuadro 8). Esta escala equivale a una disponibilidad de arroz elaborado que va de 40 kg hasta 161 kg por persona por año.

La contribución proteínica del arroz a la alimentación, con arreglo a las *Hojas de balance de alimentos. Promedio 1979-81*, arrojó una aportación del 69,2 por ciento en Asia meridional y del 51,4 por ciento en Asia sudoriental (FAO, 1985a) (Cuadro 7). Estos porcentajes son superiores a la aportación de cualquier otra proteína cerealera en cualquier región del mundo.

Exceptuados los países asiáticos de mayores ingresos, el consumo de arroz por persona se ha mantenido estable o ha aumentado sólo medianamente en los últimos 30 años. El consumo total sigue aumentando en

CUADRO 7

Aportación energética y proteínica a los regímenes alimentarios de las regiones de los países en desarrollo, por producto (1979-81)

Región	Aportación energética (*porcentaje del total regional*)						Energía total (*kcal/día*)	Aportación proteínica (*porcentaje del total regional*)		
	Arroz	Trigo	Maíz	Cebada	Sorgo y mijo	Raíces, tubérculos y plátanos		Arroz	Otros cereales	Raíces, tubérculos y plátanos
Zona templada de América del Sur[1]	1,3	30,7	1,4	0,2	0	4,7	3 178	1,0	20,4	2,4
Zona tropical de América del Sur[2]	14,9	12,8	9,3	0,3	0	11,9	2 514	12,9	19,7	3,6
América Central[3]	5,1	11,4	35,0	0	0,6	4,0	2 655	5,0	37,4	0
Africa oriental/austral[4]	3,0	5,7	33,6	0	4,6	23,0	2 047	2,9	48,1	5,9
Africa ecuatorial[5]	9,5	2,3	8,4	0,1	5,9	46,4	2 153	11,8	30,0	12,9
Africa occidental húmeda[6]	18,3	4,5	10,6	–	4,1	35,2	2 120	20,3	20,2	15,9
Africa occidental semiárida[7]	6,8	4,6	5,6	0,1	31,1	20,9	2 290	6,9	42,7	9,7
Africa del Norte/Cercano Oriente[8]	6,0	39,6	5,8	2,6	4,5	1,7	2 594	5,1	53,0	0,9

(cont.)

CUADRO 7 (continuación)

Región	Aportación energética (*porcentaje del total regional*)						Energía total (*kcal/día*)	Aportación proteínica (*porcentaje del total regional*)		
	Arroz	Trigo	Maíz	Cebada	Sorgo y mijo	Raíces, tubérculos y plátanos		Arroz	Otros cereales	Raíces, tubérculos y plátanos
India	33,2	18,5	3,1	0,7	11,0	2,5	2 056	32,3	35,4	0
Asia meridional[9]	68,0	9,9	2,5	0,1	0,4	3,7	1 898	69,2	13,1	0
Asia sudoriental[10]	56,1	4,7	6,1	0,6	0,4	7,6	2 414	51,4	10,1	1,4
China	35,4	18,4	7,7	0,6	2,9	12,1	2 428	28,6	26,9	5,0
Todas las regiones en desarrollo	29,3	17,5	7,6	0,8	4,9	9,1	2 349	25,3	29,1	2,7

[1] Argentina, Chile, Uruguay.
[2] Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Paraguay, Perú, Suriname, Venezuela.
[3] Costa Rica, Cuba, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, México, Nicaragua, República Dominicana.
[4] Angola, Botswana, Kenya, Lesotho, Malawi, Mozambique, Swazilandia, Tanzania, Zambia, Zimbabwe.
[5] Burundi, Camerún, Congo, Gabón, Madagascar, República Centroafricana, Rwanda, Uganda, Zaire.
[6] Benin, Côte d'Ivoire, Ghana, Guinea, Liberia, Sierra Leona, Togo.
[7] Burkina Faso, Chad, Gambia, Guinea-Bissau, Malí, Mauritania, Níger, Nigeria, Senegal.
[8] Afganistán, Arabia Saudita, Argelia, Chipre, Egipto, Etiopía, Iraq, Irán, Jordania, Líbano, Libia, Marruecos, Pakistán, Siria, Somalia, Sudán, Túnez, Turquía, Yemen.
[9] Bangladesh, Nepal, Sri Lanka.
[10] Bhután, Camboya, Corea R.D.P., Corea Rep., Filipinas, Laos, Malasia, Myanmar, Tailandia, Viet Nam.
Fuente: FAO, 1985a.

CUADRO 8

Disponibilidad por persona de arroz elaborado y aportación del arroz a la energía alimentaria y a las proteínas en países consumidores de arroz seleccionados

País	Disponibilidad de arroz elaborado (*kg/persona/año*)	Porcentaje de aportación del arroz	
		Energía	Proteína
Bangladesh	142	73	63
Belice	25	9	7
Brasil	41	16	14
Brunei	94	36	23
Camboya	173	80	71
China	104	38	27
Colombia	36	25	13
Comoras	78	42	37
Corea, R.D.P.	125	48	29
Corea, Rep.	98	38	25
Côte d'Ivoire	63	23	22
Filipinas	92	40	31
Gambia	98	40	32
Guinea	59	28	26
Guinea-Bissau	116	48	45
Guyana	86	33	29
Hong Kong	59	21	12
India	68	31	24
Indonesia	140	59	49
Japón	64	25	14
Liberia	110	43	49
Madagascar	111	53	50
Malasia	84	31	26
Maldivas	60	26	14
Mauricio	71	26	16
Myanmar	187	76	68

(cont.)

CUADRO 8 (continuación)

País	Disponibilidad de arroz elaborado (*kg/persona/año*)	Porcentaje de aportación del arroz	
		Energía	Proteína
Nepal	94	44	35
Papua Nueva Guinea	39	16	14
República Dominicana	44	19	18
Seychelles	68	30	21
Sierra Leona	89	44	41
Singapur	58	19	12
Sri Lanka	92	42	39
Suriname	103	35	30
Tailandia	132	58	48
Vanuatu	43	17	12
Viet Nam	147	68	62

Fuente FAO (Dirección de Estadística), media de 1987-89, excepto China, cuya media es de 1984-86.

estrecha relación con el crecimiento demográfico y el aumento de los ingresos. Las existencias de arroz, los ingresos personales y la disponibilidad y precios de sustitutos alimentarios son los principales elementos determinantes de la diversidad en los regímenes alimentarios asiáticos, sobre todo por lo que respecta a la calidad del arroz que se consume. Pero el mayor elemento que influye en la demanda sigue siendo el crecimiento demográfico imparable, especialmente en los países más pobres, donde el arroz constituye el componente más importante de su alimentación (Huang, 1987).

Dentro de un mismo país, el consumo de arroz es superior en las zonas rurales que en las urbanas. Aunque la elasticidad de los ingresos del arroz se reducirá indudablemente al aumentar éstos, sólo el Japón, Malasia, Singapur, Taiwan (China) y Tailandia tienen unos niveles de ingresos que sostienen unas estimaciones negativas de las elasticidades de los ingresos del arroz (Huang, David y Duff, 1991) (Cuadro 9). Sin embargo, la población y el consumo de arroz de estos cinco países representan menos del 10 por ciento de los totales correspondientes a Asia. En la mayoría de los

países asiáticos, el arroz no es por lo tanto un alimento inferior y las elasticidades de los ingresos del arroz seguirán probablemente siendo positivas a todo lo largo de la década de 1990.

PROBLEMAS NUTRICIONALES EN LOS PAISES CONSUMIDORES DE ARROZ

La situación nutricional de los países consumidores de arroz varía considerablemente en función de un entramado de factores socioeconómicos, de desarrollo, culturales, ecológicos y alimentarios que se condicionan mutuamente. Con independencia de la región, las economías que más dependen del arroz tienen unos altos índices de crecimiento demográfico, unos rendimientos arroceros bajos (salvo China, la República de Corea e Indonesia), y un producto nacional bruto bajo (IRRI, 1989) (Cuadro 9). Las explotaciones agrarias son pequeñas, los porcentajes de la población económicamente activa son bajos y los índices de alfabetización son variables en el Asia tropical (BAsD, 1989) (Cuadro 9).

La malnutrición no es solamente un problema de disponibilidad de alimentos; constituye también un problema de ingresos y de distribución de alimentos e ingresos (Flinn y Unnevehr, 1984). Debido a que el arroz es una fuente principal de ingresos en el Asia rural así como un elemento clave del gasto privado, el aumento de la productividad puede reducir la malnutrición: incrementando los ingresos de los sectores más pobres entre los productores de arroz e incrementando la disponibilidad de arroz y la estabilidad de sus precios.

Se ofrece un resumen de los problemas nutricionales que predominan entre los países consumidores de arroz. Dado que el 90 por ciento del arroz se produce y consume en las poblaciones ubicadas en el Asia sudoriental, la descripción sufre un sesgo a favor de esa región.

Entre los principales problemas nutricionales que predominan en los países consumidores de arroz, el más importante es el de una ingesta dietética insuficiente y desequilibrada. Sumado a otros factores agravantes, esto da lugar a la prevalencia común de una malnutrición proteinoenergética (MPE), anemia nutricional, sobre todo por deficiencia de hierro, carencia de vitamina A y trastornos por deficiencia de yodo (Chang, 1979; Scrimshaw,

CUADRO 9

Indicadores clave de los países asiáticos en desarrollo, rendimento de arroz cáscara y elasticidad de los ingresos del arroz

País	Población económicamente activa *(porcentaje)* 1985	Porcentaje agrícola de la población económicamente activa 1985	Tierra cultivada por persona *(ha)* 1985	Indice de alfabetización *(porcentaje)* 1985	Esperanza de vida al nacer *(años)* 1985	PNB por persona *($EE UU.)* 1987	Rendimiento de arroz cáscara *(t/ha)* 1988	Elasticidad de los ingresos del arroz[1] 1988
Afganistán	30,1	57,9	0,49	23	(37)	–	2,29	
Bangladesh	28,5	71,8	0,09	33	51	160	2,36	0,125
Bhután	44,6	91,6	0,07	(10)[2]	44	–	1,66	
Camboya	49,5	72,3	0,42	(66)	–	–	1,33	
China	–	–	–	(59)	69	300	5,35	0,299
Corea, Rep.	40,7	30,1	0,05	(96)	69	2 690	6,56	0,174
Filipinas	36,5	49,2	0,14	86	63	590	2,64	0,324
Hong Kong	51,7	1,6	0,00	88	76	8 260	–	
India	38,6	68,1	0,22	43	57	300	2,54	0,237
Indonesia	38,1	52,8	0,13	74	55	450	4,11	0,446
Laos	48,9	73,7	0,22	84	45	–	1,91	

(cont.)

CUADRO 9 (continuación)

País	Población económicamente activa (*porcentaje*) 1985	Porcentaje agrícola de la población económicamente activa 1985	Tierra cultivada por persona (*ha*) 1985	Indice de alfabetización (*porcentaje*) 1985	Esperanza de vida al nacer (*años*) 1985	PNB por persona (*$EE.UU.*) 1987	Rendimiento en arroz cáscara (*t/ha*) 1988	Elasticidad-ingresos para el arroz[1] 1988
Malasia	39,7	36,7	0,28	73	70	1 800	2,68	–0,349
Myanmar	44,9	50,0	0,27	81	59	–	2,26	0,524
Nepal	41,7	92,4	0,14	25	47	160	2,26	0,435
Pakistán	29,7	52,1	0,20	29	51	350	2,35	
Singapur	47,9	1,3	0,00	86	73	7 940	–	0,522
Sri Lanka	36,5	52,5	0,14	87	70	400	3,04	
Tailandia	51,9	67,7	0,38	91	64	840	2,15	–0,328
Taiwan (China)	–	–	–	92	73	–	4,86	–0,591
Viet Nam	48,2	64,1	0,11	(84)	65	–	2,97	

[1] Japón = –0,530.
[2] Las cifras entre paréntesis son valores de 1980.
Fuentes: BAsD, 1989; IRRI, 1991a (rendimiento de arroz cáscara); Huang, David y Duff, 1991 (elasticidad de los ingresos).

1988; Khor, Tee y Kandiah, 1990). Además, en muchas zonas cunde una deficiencia dietética de tiamina, riboflavina, calcio, vitamina C y zinc, aunque a menudo no se manifiestan en síndromes clínicos claros.

Estos problemas nutricionales no tienen de suyo relación de causa directa con el consumo de arroz pero reflejan unos efectos generales de elementos determinantes multifactoriales análogos a los de otros países en desarrollo donde el arroz no constituye un alimento básico principal.

Disponibilidad de alimentos e ingesta dietética

Los datos sobre disponibilidad de alimentos y nutrientes se derivan de dos fuentes: a) *Hojas de balance de alimentos* de la FAO y b) encuestas de nutrición y estudios especiales sobre consumo de alimentos.

Los datos de las *Hojas de balance de alimentos* ofrecen estimaciones sobre la disponibilidad de alimentos y nutrientes por persona teniendo en cuenta la producción de alimentos, sus importaciones, exportaciones, usos no alimentarios, alimentos elaborados y desechos, todo ello al detalle. Comparando el aporte diario de nutrientes para los países desarrollados y en desarrollo (FAO, 1990c) (Cuadro 10) resultaba que el Lejano Oriente tenía la menor disponibilidad de grasa, retinol, tiamina, riboflavina y ácido ascórbico. Un análisis de los datos individuales correspondientes a países consumidores de arroz (Cuadro 11) demuestra que, además de la energía

Familia campesina comiendo un plato preparado a base de arroz



CUADRO 10

Suministro diario provisional comparativo de nutrientes por persona en los países desarrollados y en desarrollo, 1986-88

Región	Energía *(kcal)*	Proteínas *(g)*	Grasas *(g)*	Calcio *(mg)*	Hierro *(mg)*	Vitamina A *(equivalentes en µg de retinol)*	Tiamina *(mg)*	Riboflavina *(mg)*	Niacina *(mg)*	Acido ascórbico *(mg)*
Total mundial	2 671	70,0	65,8	472	14,4	900	1,39	1,01	15,4	94
Total de países desarrollados	3 398	102,7	128,7	860	16,1	1 329	1,61	1,68	20,9	138
Total de países en desarrollo	2 434	59,4	45,4	346	13,9	760	1,31	0,79	13,5	80
Africa	2 119	51,1	37,4	363	17,8	859	1,37	0,80	13,8	89
América Latina	2 732	69,1	68,6	499	13,5	712	1,32	1,14	14,6	103
Cercano Oriente	2 914	77,2	68,7	498	18,9	854	1,87	1,12	15,9	103
Lejano Oriente	2 220	53,2	39,2	352	13,3	588	1,22	0,70	13,2	55
Otros	2 379	51,3	61,8	402	14,3	1 342	1,16	1,06	15,4	202

Fuente: FAO, 1990c.

CUADRO 11

Suministro diario de nutrientes por persona en 36 países en que el arroz es un alimento básico

País	Energía *(kcal)*	Proteínas *(g)*	Grasas *(g)*	Calcio *(mg)*	Hierro *(mg)*	Retinol *(μg)*	Tiamina *(mg)*	Riboflavina *(mg)*	Niacina *(mg)*	Acido ascórbico *(mg)*
Bangladesh	1 996	43,0	17,5	134	7,49	40	7,41	0,37	1,02	16
Belice	2 660	73,7	75,7	683	14,33	310	13,37	1,25	1,57	142
Brasil	2 722	60,4	76,0	479	11,23	330	10,17	1,02	1,18	134
Brunei	2 824	77,6	72,9	486	18,75	290	11,29	1,16	2,07	67
Camboya	2 155	50,8	19,2	176	9,51	60	7,84	0,51	1,13	61
Colombia	2 571	57,0	60,6	487	14,59	290	11,00	1,10	1,48	96
Comoras	1 896	41,6	32,6	233	9,78	50	6,95	0,65	0,95	80
Corea, R.D.P.	2 798	80,3	36,6	352	16,43	80	15,70	0,99	1,82	136
Corea, Rep.	2 853	76,8	59,0	501	16,88	160	14,04	0,97	1,59	168
Côte d'Ivoire	2 580	54,4	54,0	333	13,28	120	13,90	0,80	1,75	201
Filipinas	2 342	53,1	36,4	211	8,64	90	7,79	0,65	1,20	44
Gambia	2 351	56,2	56,3	251	10,72	90	10,31	0,55	1,46	15
Guinea	2 192	51,2	45,8	262	11,86	60	11,57	0,65	1,29	247
Guinea-Bissau	2 471	50,8	55,2	189	9,94	80	9,55	0,64	1,27	43
Guyana	2 739	68,6	46,9	319	10,32	160	9,71	0,89	1,67	47
Hong Kong	2 817	85,4	109,1	389	15,04	420	12,99	1,12	1,73	83
India	2 197	53,2	38,9	417	14,93	70	14,27	0,79	1,41	55
Indonesia	2 709	59,7	39,1	226	11,94	50	10,15	0,53	1,40	58
Japón	2 909	94,2	78,9	610	15,86	480	13,38	1,21	1,67	114
Liberia	2 404	42,8	52,8	272	13,01	30	11,70	0,66	1,56	147
Madagascar	2 176	50,9	28,2	230	12,92	150	11,12	0,67	1,50	121
Malasia	2 755	57,9	87,5	323	11,18	140	9,25	0,81	1,40	51
Maldivas	2 375	89,2	39,7	387	17,64	60	11,95	1,09	2,80	72
Mauricio	2 823	67,3	58,0	505	13,06	250	10,59	1,02	1,29	29
Myanmar	2 474	63,9	40,4	219	10,27	60	8,70	0,51	1,16	39
Nepal	2 074	52,5	28,5	300	11,29	120	12,92	0,65	1,25	24

(cont.)

CUADRO 11 (continuación)

País	Energía (kcal)	Proteínas (g)	Grasas (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Retinol (µg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)	Acido ascórbico (mg)
Papua Nueva Guinea	2 410	48,8	41,4	403	14,56	90	13,37	1,26	1,64	309
República Dominicana	2 342	47,1	61,9	382	10,03	160	8,48	0,94	1,25	88
Seychelles	2 340	63,5	57,3	410	11,29	160	7,90	0,93	1,39	39
Sierra Leona	1 840	38,1	54,8	222	10,02	40	9,59	0,55	1,20	68
Singapur	3 248	91,1	78,5	533	15,62	280	16,89	1,28	2,09	92
Sri Lanka	2 298	46,3	43,0	334	12,45	50	7,11	0,58	0,96	67
Suriname	2 908	70,1	53,0	447	10,76	140	9,72	0,97	1,55	64
Tailandia	2 312	49,0	39,0	198	9,23	90	8,22	0,56	1,15	56
Vanuatu	2 552	65,8	89,7	464	20,08	280	14,18	0,97	1,94	121
Viet Nam	2 232	50,5	28,2	170	8,62	70	7,65	0,54	1,09	74

Fuente: FAO (Dirección de Estadística), promedio de 1987-89.

alimentaria, muchos de estos países tienen unos niveles poco satisfactorios de grasa, calcio, hierro, riboflavina y ácido ascórbico. Cuando se tienen en cuenta los desechos a nivel familiar, incluidas las pérdidas de cocción, se vuelve más precaria la situación de suministro alimentario.

Los datos de que se dispone por las encuestas de nutrición son a menudo fragmentarios y no corresponden a todos los países. Aún cuando se dispone de datos, no siempre son representativos y a menudo son ya anticuados. En el Cuadro 12 se presentan ejemplos de datos disponibles sobre consumo medio de energía y proteína en determinados países. En general, dicho consumo representa una situación muy insatisfactoria, salvo para China y Mauricio, cuando se compara con la disponibilidad de esos nutrientes (Cuadro 11). Parece haber una gran diferencia entre disponibilidad de alimentos y consumo real. Esto denota una gran influencia de factores relativos al acceso a los alimentos y su utilización. Sin embargo, estos valores de ingesta dan a entender claramente la posibilidad de un predominio generalizado de la malnutrición proteinoenergética en los jóvenes. Aparte de la energía y la proteína hay también bastantes indicios por los

CUADRO 12

Ingesta diaria media de energía y proteínas en los países consumidores de arroz que se indican

País	Año de compilación de los datos	Ingesta de energía (*kcal/persona/día*)	Ingesta de proteína (*g/persona/día*)
Bangladesh	1980/81	1 943	48,0
China	1982	2 485	67,0
Colombia	1981	2 223	55,3
Côte d'Ivoire	1979	2 140	55,7
Filipinas	1987	1 753	49,7
Guyana	1976	2 054	55,5
Indonesia	1980	1 800	43,0
Madagascar	1962	2 223	55,3
Mauricio	1983	3 043	79,4
Nepal	1985	2 440	66,0
Sri Lanka	1980/81	2 030	49,9
Viet Nam	1988	2 142	59,1

Fuente. Perfiles por países de la FAO y encuestas de nutrición nacionales.

estudios existentes sobre consumo de grupos especiales como niños de corta edad y madres gestantes, en el sentido de que sus ingestas dietéticas son escasas en energía, proteína, vitamina A, hierro, riboflavina y calcio.

Estado nutricional general

En el Cuadro 13 se dan datos sobre algunos indicadores importantes del estado nutricional general de 34 países consumidores de arroz (UNICEF, 1991). Aparece claramente que en una gran mayoría de esos países el porcentaje de niños con poco peso al nacer, de mortalidad infantil y mortalidad de niños de menos de cinco años es elevada y que el predominio de niños con peso bajo en grado moderado y grave es alarmantemente más alto. También es baja la esperanza de vida. Casi la mitad de la población de Asia meridional y de Africa al sur del Sahara recibe energía insuficiente para llevar una vida de trabajo activa. Unos 470 millones de esta población

CUADRO 13
Indicadores nutricionales para determinados países consumidores de arroz

País[1]	Mortalidad por debajo de los 5 años[2]	Mortalidad infantil[3]	Porcentaje de peso bajo al nacer[4]	Porcentaje de niños de 0-4 años con peso bajo en grado moderado y grave[5]	Esperanza de vida en años[6]	Suministro de energía en porcentaje de lo necesario
	1989	1989	1980-88	1980-89	1989	1984-86
Sierra Leona	261	151	17	21	42	81
Guinea	241	142	–	–	43	77
Bhután	193	125	–	38	49	–
Bangladesh	184	116	28	71	51	83
Madagascar	179	117	10	33	54	106
Pakistan	162	106	25	52	57	95
Laos	156	106	39	37	49	104
India	145	96	30	41	59	100
Côte d'Ivoire	139	93	14	12	53	110
Indonesia	100	73	14	51	61	116
Guatemala	97	56	14	34	63	105
Myanmar	91	67	16	38	61	119
Brasil	85	61	8	5	65	111
Viet Nam	84	61	18	42	62	105
República Dominicana	80	63	16	35	66	96
Filipinas	72	44	18	33	64	104
Colombia	50	39	8	12	69	110
China	43	31	9	21	70	111
Corea, R.P.D.	36	27	–	–	70	135
Sri Lanka	36	27	28	38	71	110
Tailandia	35	21	12	26	66	105
Panamá	33	23	8	16	72	107
Corea, R.P.D.	31	24	9	–	70	122
Malasia	30	23	10	–	72	121
Mauritius	29	22	9	24	70	121

(cont.)

CUADRO 13 (continuación)

País[1]	Mortalidad por debajo de los 5 años[2]	Mortalidad infantil[3]	Porcentaje de peso bajo al nacer[4]	Porcentaje de niños de 0-4 años con peso bajo en grado moderado y grave[5]	Esperanza de vida en años[6]	Suministro de energía en porcentaje de lo necesario
	1989	1989	1980-88	1980-89	1989	1984-86
Singapur	12	8	7	14	74	124
Hong Kong	9	7	5	–	77	121
Japón	6	4	5	–	79	122

[1] En orden decreciente, según la tasa de mortalidad de los niños menores de cinco años.
[2] Número de muertes anuales de niños menores de cinco años por cada 1 000 nacidos vivos.
[3] Número de muertes anuales de niños menores de un año por cada 1 000 nacidos vivos.
[4] 2 500 g o menos.
[5] Inferior a menos dos desviaciones estándar del peso medio correspondiente a la edad de la población de referencia.
[6] Número de años que vivirían los recién nacidos si estuviesen expuestos a los riesgos de mortalidad que prevalecen en el conjunto de la población en el momento de su nacimiento.
[7] *Fuente*: UNICEF, 1991.

desnutrida vive en Asia meridional. Todo ello es reflejo del mal estado nutricional general de la población.

Malnutrición proteinoenergética (MPE)

La malnutrición proteinoenergética sigue siendo muy generalizada en muchos de estos países. Los países en desarrollo de ingresos bajos que forman parte del grupo se hallan grave y fundamentalmente afectados. La MPE se manifiesta con un retraso generalizado del crecimiento entre los niños de edad preescolar. Por ejemplo, de las encuestas de nutrición se desprende que existe un índice conjunto de predominio de un 71 y un 17 por ciento de falta de peso moderado y grave entre los niños de edad preescolar en Bangladesh y Filipinas, respectivamente. En muchos otros países consumidores de arroz, concretamente la India, Laos, Madagascar, Nepal, Sierra Leona, Sri Lanka, Viet Nam, la MPE es un elemento importante que contribuye directa o indirectamente en esos países a una elevada mortalidad de los niños de menos de cinco años.

Carencia de vitamina A

La carencia de vitamina A está muy extendida en las poblaciones consumi-

doras de arroz de Asia tropical (DeMaeyer, 1986). Entre los países más gravemente afectados figuran Bangladesh, Filipinas, la India, Indonesia, Myanmar, Nepal, Sri Lanka y Viet Nam. Además, la carencia de vitamina A constituye un problema en la parte nororiental del Brasil.

Aunque resulta difícil determinar el número exacto de nuevos casos de carencia de vitamina A y de xeroftalmía que se dan a nivel mundial cada año, los datos de que se dispone sobre Indonesia arrojaban un índice anual del 2,7 por 1 000 niños, lo que llevaba a una estimación de 63 000 nuevos casos anuales para ese país. Si se aplica un índice análogo a Bangladesh, la India y Filipinas, unos 400 000 niños en edad preescolar de estos países padecerán probablemente lesiones activas en la córnea que darán por resultado la ceguera total o parcial. Se ha estimado además que, a nivel mundial, unos 3 millones de niños de edad inferior a los 10 años padecen actualmente de ceguera debida a esta causa y que aproximadamente 1 millón de ellos se encuentra en la India. Además, una población innumerable de niños que todavía no presentan signos activos de xeroftalmía padecen de una carencia total de vitamina A, condición que comporta una reducida resistencia a las enfermedades infecciosas y el aumento de la mortalidad y la morbilidad.

Anemias nutricionales

Las anemias nutricionales, que en su mayor parte se deben a deficiencia de hierro, están muy difundidas entre los países consumidores de arroz (DeMaeyer y Adiels-Tegman, 1985). Las causas son la reducida ingesta dietética de hierro, baja disponibilidad biológica de hierro en los alimentos, (Hallberg *et al.*, 1977), pérdida de sangre debido a parásitos intestinales, en particular el anquilostoma, y a una demanda mayor insatisfecha en situaciones de rápido crecimiento y embarazo.

La anemia es una condición que se diagnostica como un nivel de hemoglobina inferior al nivel indicado por la OMS, dependiendo de la edad, el sexo y la condición fisiológica y el nivel del mar. Según estimaciones de la OMS en 1980 (DeMaeyer y Adiels-Tegman, 1985), en el mundo padecen anemia unos 1 300 millones de personas de los 4 400 millones de habitantes, de las cuales 1 200 millones pertenecen a países en desarrollo. Los más afectados son los niños y las mujeres embarazadas. Las proporciones

mundiales se estiman en 43 y 51 por ciento respectivamente, a estos siguen los niños en edad escolar (37 por ciento), las mujeres en edad reproductiva (35 por ciento), y los adultos de sexo masculino (17 por ciento).

Los porcentajes generales de anemia más elevados de los países en desarrollo se detectan en Asia y Africa meridional. La tasa de incidencia de la anemia en el Asia meridional se estima en el 56 por ciento entre 0 y 4 años y del 50 por ciento entre 5 y 12 años; el 32 por ciento en los hombres y el 58 en las mujeres de 15 a 59 años de edad (DeMaeyer y Adiels-Tegman, 1985). Se señala un índice mayor (65 por ciento) para las mujeres embarazadas; para Asia oriental, excluida China, se dan unos índices algo inferiores.

No se tienen estimaciones sobre anemia producida por deficiencia de folato y de vitamina B_{12} pero, según noticias, se da especialmente en la India. Examinando los modelos de ingestas dietéticas se observa mayor riesgo en algunas partes de Asia sudoriental, aunque no se dispone de datos suficientes que así lo confirmen.

La anemia es una importante causa de mortalidad materna asociada con los partos. Además, en los adultos causa un menor rendimiento laboral y se ha relacionado con la inmunodeficiencia y la baja resistencia a la infección. Una anemia ligera también puede tener efectos trascendentales en la función psicológica y el desarrollo mental.

Trastornos por deficiencia de yodo

Los trastornos por deficiencia de yodo están muy extendidos en muchas poblaciones consumidoras de arroz, sobre todo en las regiones montañosas del Brasil, China, la India, Indonesia y Malasia, donde el contenido de yodo del suelo, las aguas y los alimentos es por lo general bajo (Chong, 1979, Khor, Tee y Kandiah 1990). También es común en Bangladesh debido a que el suelo pierde el yodo que contiene por las frecuentes inundaciones. Se ha calculado que se elevan a 800 millones de personas en todo el mundo las que corren el riesgo de este tipo de deficiencia (Naciones Unidas, 1987). Casi una cuarta parte de estas personas que corren riesgo sufren bocio y se calcula en más de 3 millones las que presentan un cretinismo manifiesto. La mayoría de estas personas viven en Asia, incluidos 300 millones en China y 200 millones en la India.

En las zonas con predominio altísimo de esta deficiencia, el bocio puede afectar a más del 50 por ciento de la población y en ellas puede darse un cretinismo que va entre el 1 y el 5 por ciento, pudiendo sufrir otro 25 por ciento de un impedimento mensurable de la función mental y motriz. En algunas regiones remotas del Himalaya se ha registrado una prevalencia del 30 por ciento.

El yodo es indispensable para el crecimiento normal y el desarrollo del feto y para las actividades físicas y mentales normales de los adultos. Como consecuencia y aparte de los signos manifiestos de esta deficiencia, las poblaciones que la sufren pueden mostrar toda una serie de consecuencias que incluyen una reducción de las funciones mentales, una letargia generalizada, un mayor número de nacidos muertos y una mayor mortalidad infantil.

Deficiencia de tiamina y de riboflavina

Esta deficiencia subsiste en muchas partes de Asia. El beriberi es una enfermedad característica de las colectividades que consumen arroz, especialmente arroz perlado. Raras veces se da en las colectividades donde el arroz se come cocido o semielaborado. El problema se ha agudizado con la sustitución del machacado a mano por molinos mecánicos en las zonas rurales (Chong, 1979). La disponibilidad de tiamina y riboflavina en la alimentación del Lejano Oriente es una de las más bajas (FAO, 1990c) (Cuadro 10).

Los estudios clínicos y experimentales han sugerido que el desarrollo de manifestaciones clínicas del beriberi precisa una ingesta de tiamina inferior a 0,2 mg por 1 000 kcal y pueden presentarse signos bioquímicos con una ingesta de hasta 0,3 mg por 1 000 kcal.

Con el trascurso de los años, el beriberi ha tendido a desaparecer al mejorar la situación económica y volverse más variada la alimentación. Al descender la prevalencia de casos clínicos de beriberi aparente, en muchos lugares se observa esporádicamente en algunas poblaciones el beriberi en niños amamantados. Por ejemplo, algunas madres tailandesas rurales que amamantan a sus hijos y que sólo consumen arroz y sal durante el período posterior al parto y reducen la alimentación nutritiva, son propensas a

desarrollar la deficiencia de tiamina y tienen un contenido de tiamina bajo en la leche de pecho, lo que predispone a sus hijos así alimentados al beriberi.

En los niños pequeños, madres gestantes y lactantes de poblaciones que consumen arroz en Bangladesh, la India y Tailandia, se observa también frecuentemente estomatitis angular, que es un signo clínico, muchas veces atribuido a deficiencia de riboflavina. Se ha señalado que en las aldeas tailandesas la deficiencia de riboflavina se da junto con la de tiamina (Tanphaichitr, 1985).

Capítulo 3

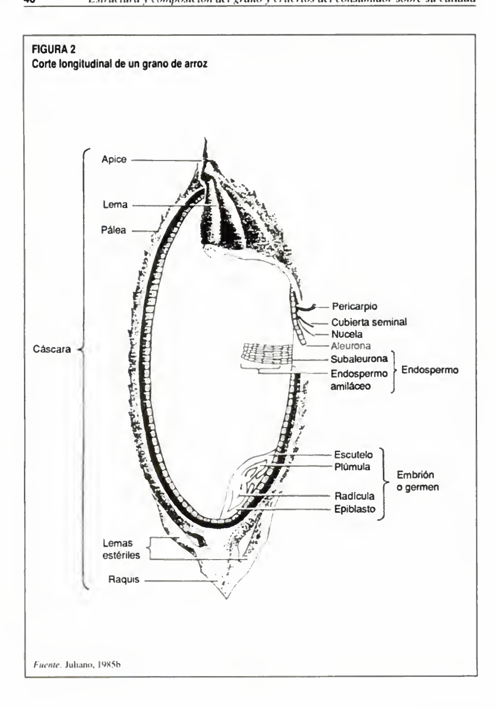
Estructura y composición del grano y criterios del consumidor sobre su calidad

El grano de arroz (arroz cáscara o paddy) se compone de una cubierta protectora exterior, la cáscara, y la cariópside o fruto de arroz (arroz integral o pardo, llamado también arroz cargo o descascarillado) (Juliano y Bechtel, 1985) (Figura 2). El arroz integral o pardo se compone de las capas exteriores: pericarpio, tegumento o cubierta seminal y nucela; del germen o embrión; y del endospermo. Este se compone de la capa de aleurona, consistiendo el endospermo propiamente dicho en la capa de subaleurona y en el endospermo amiláceo o interior. La capa de aleurona contiene al embrión. El pigmento se reduce al pericarpio (Juliano y Betchel, 1985).

La cascarilla o gluma constituye un 20 por ciento del peso del arroz integral o pardo, aunque sus valores van del 16 al 28 por ciento. La distribución del peso del arroz pardo es la siguiente: pericarpio, 1-2 por ciento; aleurona, nucela y cubierta seminal, 4-6 por ciento; germen, 1 por ciento; escutelo, 2 por ciento; y endospermo, 90-91 por ciento (Juliano, 1972). La capa de aleurona varía de 1 a 5 capas celulares, más espesas en la parte dorsal que en la ventral, y más gruesa en los arroces de grano corto que en los de grano largo (Del Rosario *et al.*, 1968). Las células de la aleurona y del embrión son ricas en compuestos proteínicos, que contienen globoides o fitatos, y en compuestos grasos (Tanaka *et al.*, 1973; Tanaka, Ogawa y Kasai, 1977).

Las células del endospermo son de pared delgada y están envueltas en amiloplastos que contienen gránulos de almidón compuesto. Las dos capas de células más exteriores (las subaleuronas) abundan en proteínas y lípidos

FIGURA 2
Corte longitudinal de un grano de arroz

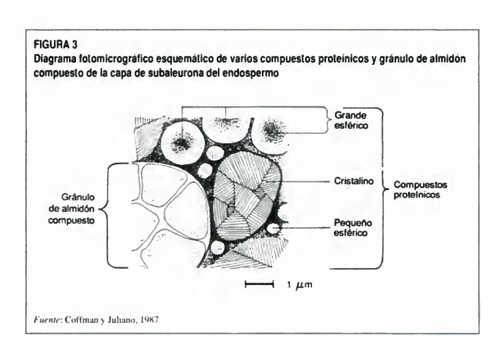


Fuente. Juliano, 1985b

y tienen amiloplastos y gránulos de almidón compuesto más pequeños que el endospermo interior. Los gránulos de almidón son poliédricos y tienen casi siempre 3-9 µm con una distribución unimodal. La proteína está presente principalmente en forma de compuestos proteínicos esféricos de 0,5-4 µm de tamaño en todo el endospermo (Del Rosario *et al.*, 1968; Bechtel y Pomeranz, 1978), (Figura 3), pero los compuestos proteínicos cristalinos y los esféricos pequeños se hallan localizados en la subaleurona. Los compuestos proteínicos esféricos grandes corresponden a los compuestos proteínicos I (CP I) de Tanaka *et al.* (1980) y los cristalinos son idénticos a los compuestos proteínicos II (CP II). Tanto los CP I como los CP II se hallan distribuidos en todo el endospermo del arroz.

El arroz no glutinoso (que contiene amilosa además de amilopectina) tiene un endospermo translúcido, mientras que el arroz glutinoso (0-2 por ciento de amilosa) tiene un endospermo opaco a causa de la presencia de poros entre los gránulos amiláceos y dentro de ellos. Por consiguiente, el grano glutinoso tiene un 95-98 por ciento de peso respecto del grano no glutinoso.

FIGURA 3
Diagrama fotomicrográfico esquemático de varios compuestos proteínicos y gránulo de almidón compuesto de la capa de subaleurona del endospermo



Fuente: Coffman y Juliano, 1987

CLASIFICACION DEL ARROZ

No existe una norma internacional para la clasificación del grano de arroz integral o pardo por su tamaño y forma. El IRRI emplea la siguiente escala para los tamaños: extralargo: > 7,50 mm; largo: 6,61-7,50 mm; mediano; 5,51-6,60 mm; y corto: < 5,50 mm. Por la forma del grano en base a la relación largo/ancho, se clasifica en delgado: > 3,0; mediano: 2,1-3,0; ancho: 1,1-2,0; y redondo: ≤ 1,0.

La Comisión del Codex Alimentarius, al considerar el proyecto de norma para el arroz, incluido el arroz elaborado, propuso una clasificación basada en la siguiente relación de largo/ancho: grano largo: ≤ 3,1; grano mediano: 2,1-3,0; y grano corto: ≤ 2,0 (Comisión del Codex Alimentarius, 1990).

Las tolerancias propuestas para los defectos aplicables a los arroces elaborados son 0,5 por ciento en cada caso para objetos extraños orgánicos e inorgánicos, 0,3 por ciento para el arroz con cáscara, 1,0 por ciento en cada caso para el arroz integral o pardo y el arroz glutinoso, 2,0 por ciento para granos inmaduros, 3,0 por ciento en cada caso para granos dañados y granos fermentados, 4,0 por ciento para granos rojos, 8,0 por ciento para granos con vetas rojas y 11,0 por ciento para granos yesosos (Comisión del Codex Alimentarius, 1990). Las tolerancias propuestas para los arroces elaborados sancochados o precocidos son idénticas a las de los arroces elaborados salvo que es 0 para los granos yesosos, 6,0 por ciento para los granos dañados por el calor o fermentados y otras tolerancias del 2,0 por ciento para el arroz elaborado en bruto y el 2,0 por ciento para pecosos (granos con más de 25 por ciento de su superficie de color pardo oscuro a negro). En el Capítulo 4 se hace una descripción más detallada de la elaboración del arroz.

COMPOSICION BRUTA DE NUTRIENTES

Entre las fracciones de elaboración del arroz, el salvado posee el máximo contenido energético y proteico y la cáscara el mínimo (Cuadro 14). Sólo es comestible la fracción de arroz integral o pardo. La elaboración por abrasión o fricción para eliminar el pericarpio, el tegumento, la testa, la aleurona y el embrión y obtener el arroz elaborado determina una pérdida de grasa, proteína, fibra cruda y neutrodetergente, así como cenizas, tiamina, ribofla-

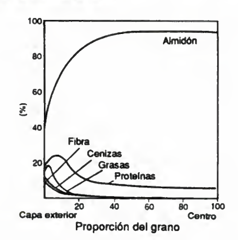
CUADRO 14

Composición aproximada del arroz cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14 por ciento de humedad

Fracciones	Proteína cruda *(g N x 5,95)*	Grasa cruda *(g)*	Fibra cruda *(g)*	Ceniza cruda *(g)*	Carbohidratos presentes *(g)*	Fibra neutro-detergente *(g)*	Contenido de energía *(kJ)*	Contenido de energía *(kcal)*	Densidad *(g/ml)*	Densidad a granel *(g/ml)*
Arroz cáscara	5,8-7,7	1,5-2,3	7,2-10,4	2,9-5,2	64-73	16,4-19,2	1 580	378	1,17-1,23	0,56-0,64
Arroz integral	7,1-8,3	1,6-2,8	0,6-1,0	1,0-1,5	73-87	2,9-3,9	1 520-1 610	363-385	1,31	0,68
Arroz elaborado	6,3-7,1	0,3-0,5	0,2-0,5	0,3-0,8	77-89	0,7-2,3	1 460-1 560	349-373	1,44-1,46	0,78-0,85
Salvado de arroz	11,3-14,9	15,0-19,7	7,0-11,4	6,6-9,9	34-62	24-29	1 670-1 990	399-476	1,16-1,29	0,20-0,40
Cáscara de arroz	2,0-2,8	0,3-0,8	34,5-45,9	13,2-21,0	22-34	66-74	1 110-1 390	265-332	0,67-0,74	0,10-0,16

Fuentes: Juliano, 1985b; Eggum, Juliano y Maniñgat, 1982; Pedersen y Eggum, 1983.

FIGURA 4
Distribución de los principales constituyentes del arroz integral o pardo empleando un molino abrasivo tangencial



Fuente: Barber, 1972

vina, niacina y α–tocoferol. Los carbohidratos disponibles, sobre todo el almidón, abundan más en el arroz elaborado que en el arroz integral o pardo. Los gradientes para los diversos nutrientes no son idénticos como lo demuestra el análisis de sucesivas fracciones de elaboración de arroz pardo y arroz elaborado (Barber, 1972) (Figura 4). La fibra dietética alcanza un valor máximo en la capa de salvado (y la cáscara) y mínimo en el arroz elaborado. La densidad y la densidad a granel son también mínimas para la cáscara, seguida del salvado, y máxima para el arroz elaborado debido al bajo contenido de aceite. En el Capítulo 4 se estudian más a fondo las propiedades nutricionales del grano de arroz.

Las vitaminas B se concentran en las capas del salvado al igual que el α–tocoferol (vitamina E) (Cuadro 15). El grano de arroz no tiene vitamina A, vitamina D ni vitamina C (FAO, 1954). El gradiente de situación en el grano de arroz entero es más pronunciado para la tiamina que para la riboflavina y la niacina, lo que da lugar a una menor retención porcentual de la tiamina (vitamina B_1) en el arroz elaborado (Cuadro 15). Un 50 por ciento de la tiamina total se halla en el escutelo y del 80 al 85 por ciento de la niacina

CUADRO 15

Contenido de vitaminas y minerales del arroz cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14 por ciento de humedad

Fracciones	Tiamina (Vit. B_1) *(mg)*	Riboflavina (Vit. B_2) *(mg)*	Niacina *(mg)*	α-Tocoferol (Vit. E) *(mg)*	Calcio *(mg)*	Fósforo *(g)*	P de fitina *(g)*	Hierro *(mg)*	Zinc *(mg)*
Arroz cáscara	0,26-0,33	0,06-0,11	2,9-5,6	0,90-2,00	10-80	0,17-0,39	0,18-0,21	1,4-6,0	1,7-3,1
Arroz integral	0,29-0,61	0,04-0,14	3,5-5,3	0,90-2,50	10-50	0,17-0,43	0,13-0,27	0,2-5,2	0,6-2,8
Arroz elaborado	0,02-0,11	0,02-0,06	1,3-2,4	v.-0,30	10-30	0,08-0,15	0,02-0,07	0,2-2,8	0,6-2,3
Salvado de arroz	1,20-2,40	0,18-0,43	26,7-49,9	2,60-13,3	30-120	1,1-2,5	0,9-2,2	8,6-43,0	4,3-25,8
Cáscara de arroz	0,09-0,21	0,05-0,07	1,6-4,2	0	60-130	0,03-0,07	0	3,9-9,5	0,9-4,0

Nota: v. = vestigios.
Fuentes: Juliano, 1985; Pedersen y Eggum, 1983.

está en el pericarpio y en la capa de aleurona (Hinton y Shaw, 1954). El embrión contiene más del 95 por ciento de los tocoferoles totales (un tercio de los cuales es α-tocoferol) y casi un tercio del contenido oleaginoso del grano de arroz (Gopala Krishna, Prabhakar y Sen, 1984). Según cálculos, el 65 por ciento de la tiamina del arroz pardo se halla en el salvado, el 13 en el polvo de arroz y el 22 en la fracción de arroz elaborado (Juliano y Bechtel, 1985). La riboflavina se halla el 39 por ciento en el salvado, 8 por ciento en el polvo de arroz y 53 en la fracción de arroz elaborado. La distribución de la niacina es la siguiente: 54 por ciento en el salvado, 13 en el polvo y 33 en la fracción de arroz elaborado.

Los minerales (cenizas) también se hallan concentrados en las capas superiores del arroz pardo o en la fracción de salvado (Cuadro 15). Una gran proporción (90 por ciento) del fósforo en el salvado es fósforo de fitina. El potasio y el magnesio son las sales principales de la fitina. La distribución de la ceniza en el arroz integral o pardo es del 51 por ciento en el salvado, 10 por ciento en el germen, 10 por ciento en el polvo de elaboración y 28 por ciento en la fracción de arroz elaborado; el hierro, el fósforo y el potasio muestran una distribución análoga (Resurrección, Juliano y Tanaka, 1979). Sin embargo, algunos minerales muestran una distribución relativamente más equilibrada en el grano: el arroz elaborado retenía el 63 por ciento del sodio, el 74 por ciento del calcio, y el 83 por ciento del contenido de N (método de Kjeldahl) del arroz integral o pardo (Juliano, 1985b).

En el Cuadro 16 se presenta el contenido de aminoácidos en las diversas fracciones de arroz elaborado.

Almidón

El almidón es el principal elemento constitutivo del arroz elaborado pues alcanza un 90 por ciento de la materia seca. El almidón es un polímero de D-glucosa con enlace α–(1-4) y se compone normalmente de una fracción esencialmente lineal, la amilosa, y de una fracción de ramificación, la amilopectina.

Los puntos de ramificación son enlaces α–(1-6). Con técnicas innovadoras se ha demostrado ahora que la amilosa del arroz tiene de 2 a 4 cadenas con un grado numérico medio de polimerización ($\overline{DP}_n$) de 900 a 1 100

CUADRO 16

Contenido de aminoácidos del arroz cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14 por ciento de humedad

Fracciones	Histidina	Isoleucina	Leucina	Lisina	Metionina + cisteína	Fenilalanina + tirosina	Treonina	Triptofano	Valina	Aminoácidos[1] *(porcentaje)*
Arroz cáscara	1,5-2,8	3,0-4,8	6,9-8,8	3,2-4,7	4,5-6,2	9,3-10,8	3,0-4,5	1,2-2,0	4,6-7,0	55-81
Arroz integral	2,3-2,5	3,4-4,4	7,9-8,5	3,7-4,1	4,4-4,6	8,6-9,3	3,7-3,8	1,2-1,4	4,8-6,3	64-71
Arroz elaborado	2,2-2,6	3,5-4,6	8,0-8,2	3,2-4,0	4,3-5,0	9,3-10,4	3,5-3,7	1,2-1,7	4,7-6,5	55-69
Salvado de arroz	2,7-3,3	2,7-4,1	6,9-7,6	4,8-5,4	4,2-4,8	7,7-8,0	3,8-4,2	0,6-1,2	4,9-6,0	83-93
Cáscara de arroz	1,6-2,0	3,2-4,0	8,0-8,2	3,8-5,4	3,5-3,7	6,6-7,3	4,2-5,0	0,6	5,5-7,5	66-93

[1]Considerando 5,8 g lisina/16 g N como 100 por ciento (OMS, 1985).
Fuentes: Juliano, 1985b; Eggum, Juliano y Maniñgat, 1982; Pedersen y Eggum, 1983.

unidades de glucosa y un límite de β–amilólisis de 73 a 87 por ciento (Hizukuri *et al.*, 1989). Se trata de una mezcla de moléculas ramificadas y lineales con un $\overline{DP}_n$ de 1 100 a 1 700 y de 700 a 900, respectivamente. La fracción ramificada constituye del 25 al 50 por ciento en número y del 30 al 60 por ciento en peso de amilosa. La afinidad de las amilosas del arroz por el yodo es del 20 al 21 por ciento en peso.

Las amilopectinas del arroz tienen unos límites de β–amilólisis del 56 al 59 por ciento, unas longitudes de cadena de 19 a 22 unidades de glucosa, un $\overline{DP}_n$ de 5 000 a 15 000 unidades de glucosa y de 220 a 700 cadenas por molécula (Hizukuri *et al.*, 1989). La afinidad de la amilopectina del arroz por el yodo es de 0,4 a 0,9 por ciento en los arroces de contenido bajo e intermedio de amilosa, pero del 2 al 3 por ciento en los arroces de alto contenido de amilosa. Las amilopectinas sin ramificaciones de isoamilasa arrojaban unas fracciones de cadena más largas ($\overline{DP}_n > 100$) del 9 al 14 por ciento en las muestras de alto contenido de amilosa con una afinidad por el yodo superior a la de las muestras de contenido bajo e intermedio de amilosa (2 al 5 por ciento) y de la amilopectina del arroz glutinoso (0 por ciento) (Hizukuri *et al.*, 1989).

Sobre la base de los índices colorimétricos de absorción del color del almidón-yodo de 590 a 620 nm, el arroz elaborado se clasifica como glutinoso (1 a 2 por ciento), de amilosa muy baja (2 a 12 por ciento), de amilosa baja (12 a 20 por ciento), intermedia (20 a 25 por ciento), y alta (25 a 33 por ciento) (Juliano, 1979, 1985b). En los recientes estudios hechos en colaboración ha resultado que el contenido máximo verdadero de amilosa se cifra en un 20 por ciento y que el enlace adicional de yodo se debe a las largas cadenas lineales de amilopectina (Takeda, Hizukuri y Juliano, 1987). Por eso, a los valores colorimétricos de la amilosa se les denomina ahora «contenido aparente de amilosa». El endospermo del arroz glutinoso es opaco y muestra intersticios de aire entre los gránulos del almidón, que tienen una densidad inferior a los gránulos no porosos. La estructura del gránulo de almidón no se comprende todavía muy bien, pero la cristalinidad y la ranciedad se atribuyen a la fracción de la amilopectina.

Proteínas

La proteína se determina llevando a cabo una microdigestión por el método de Kjeldahl para destilar amoníaco y luego usando el test colorimétrico del amoníaco en el digestor para determinar un contenido de nitrógeno, que se convierte en proteína aplicando el coeficiente 5,95. Este coeficiente se basa en un contenido de nitrógeno del 16,8 por ciento para la proteína principal del arroz elaborado (glutelina), y puede ser una estimación excesiva; algunas revaluaciones sugieren valores de 5,1-5,5 (5,17±0,25) (Mossé, Huet y Baudet, 1988; Mossé, 1990) 5,24-5,66 (media de 5,37) (Hegstad y Juliano, 1974) y 5,61 (Sosulski e Imafidon, 1990).

La proteína del endospermo (arroz elaborado) se compone de varias fracciones, que comprenden un 15 por ciento de albúmina (hidrosoluble) más globulina (soluble en sal), de un 5 a un 8 por ciento de prolamina (soluble en alcohol) y el resto en glutelina (soluble en álcali), (Juliano, 1985b). Empleando una extracción de proteína secuencial, la razón media para 33 muestras resultó ser de un 9 por ciento de prolamina, un 7 por ciento de albúmina más globulina y un 84 por ciento de glutelina (Huebner *et al.*, 1990). El contenido medio de prolamina de siete arroces elaborados IRRI fue del 6,5 por ciento de su proteína total (IRRI, 1991b). El contenido de lisina de la proteína de arroz es del 3,5 al 4 por ciento, uno de los más altos entre las proteínas de cereales.

Las proteínas del salvado de arroz son más ricas en albúmina que las del endospermo y se encuentran como compuestos proteínicos distintos que contienen globoides en la aleurona y en el germen. Estas estructuras difieren de los compuestos proteínicos del endospermo. Tanaka *et al.* (1973) señalaron la presencia de un 66 por ciento de albúmina, 7 por ciento de globulina y 27 por ciento de prolamina más glutelina, en los compuestos proteínicos de la aleurona, y Ogawa, Tanaka y Kasai (1977) la de un 98 por ciento de albúmina en las células proteínicas del embrión.

La proteína del endospermo se halla localizada principalmente en los compuestos proteínicos (Figura 3). Los compuestos proteínicos cristalinos (CP II) son ricos en glutelina y los compuestos proteínicos esféricos grandes (CP I) lo son en prolamina. Ogawa *et al.* (1987) han estimado que las proteínas almacenadas en el endospermo se componen de un 60-65 por

CUADRO 17

Aminograma de las subunidades ácidas y básicas de la glutelina de arroz y las subunidades principales y menores de la prolamina

(g/16 g N)

Aminoácido	Subunidades de glutelina[1]		Subunidades de prolamina		
	Acidas 30-39 kd	Básicas 19-25 kd	13 kd principal	10 kd	16 kd
Histidina	2,2-2,5	2,6-2,7	2,0-2,4	1,7	4,2
Isoleucina	3,2-3,3	4,1-4,9	3,8-5,4	1,6	3,6
Leucina	6,4-7,5	7,0-8,5	17,9-26,4	4,7	8,1
Lisina	2,2-3,0	3,0-4,1	0,4-5,5	1,0	3,3
Metionina + cistina[2]	0,2-1,9	0,1-2,4	0,7-1,2	22,5	5,3
Fenilalanina + tirosina	10,0-10,5	10,1-10,8	12,7-21,6	4,3	7,6
Treonina	2,8-3,7	2,5-3,7	1,8-2,8	6,8	2,7
Valina	5,1-5,7	5,7-7,0	2,7-3,9	4,4	3,9
Porcentaje de aminoácidos[3]	38-52	52-71	7-8[4]	18	57

[1] s-cianoetilglutelina.
[2] Sólo las fracciones IEF3 de las subunidades de prolamina de 13 kd, 10 kd y 16 kd tenían cistina. Todas las glutelinas tenían residuos de cisteina sustituida.
[3] Sobre la base de un 5,8 por ciento de lisina como 100 por ciento (OMS, 1985).
[4] El valor alternativo es un 34 por ciento sobre la base de un 2,5 por ciento de metionina+cisteína como 100 por ciento (OMS, 1985).
Fuentes Juliano y Boulter, 1976; Villareal y Juliano, 1978, para la glutelina; Hibino *et al.*, 1989, para la prolamina.

ciento de proteínas CP II, de un 20-25 de proteínas CP I, y de un 10-15 de albúmina y globulina en el citoplasma. La amilosa de los gránulos amiláceos de arroz cataliza hasta un 0,7 por ciento de proteína, que es principalmente la proteína del gen glutinoso o la sintasa amilosa combinada con los gránulos, con un peso molecular de unos 60 kilodaltons (kd) (Villareal y Juliano, 1989b).

La glutelina de arroz se compone de tres subunidades acídicas o α con peso molecular de 30-39 kd y dos subunidades básicas o β con peso molecular de 19-25 kd (Kagawa, Hirano y Kikuchi, 1988). Las dos clases de subunidades están constituidas por el desdoblamiento de un precursor polipéptido de 57 kd (Sugimoto, Tanaka y Kasai, 1986). La prolamina se compone principalmente (90 por ciento) de la subunidad de 13 kd más dos

subunidades menores con pesos moleculares de 10 y 16 kd (Hibino *et al.*, 1989).

El contenido de aminoácidos esenciales de las subunidades de glutelina (Juliano y Boulter, 1976; Villareal y Juliano, 1978) y de prolamina (Hibino *et al.*, 1989) mostraba la lisina como elemento limitador en esos polipéptidos salvo para la fracción IEF3 de la prolamina de 13 kd con un 5,5 por ciento de lisina y también como limitador en la metionina más cisteína (Cuadro 17). Por consiguiente, la glutelina tiene un mejor porcentaje de aminoácidos que la prolamina salvo la subunidad de prolamina de 16 kd. La subunidad de prolamina de 10 kd tiene un elevado contenido de cisteína (6,8 por ciento).

Lípidos

El contenido en lípidos o grasa del arroz se halla principalmente en la fracción del salvado (20 por ciento en seco), expresamente como lípidos o esferosomas en la capa de aleurona y en el salvado, pero también se halla presente de un 1,5 a un 1,7 por ciento en el arroz elaborado, sobre todo como lípidos no amiláceos extraídos mediante éter, cloroformetanol y butanol saturado de agua fría (Juliano y Goddard, 1986; Tanaka *et al.*, 1978). Los compuestos proteínicos, especialmente el núcleo, son ricos en lípidos (Choudhury y Juliano, 1980; Tanaka *et al.*, 1978). Los principales ácidos grasos son el linoleico, el oleico y el palmítico (Hemavathy y Prabhaker, 1987; Taira, Nakagahra y Nagamine, 1988). Los ácidos grasos esenciales en el aceite de arroz tienen un 29-42 por ciento de ácido linoleico y un 0,8-1,0 por ciento de ácido linolénico (Jaiswal, 1983). El contenido de ácidos grasos esenciales puede aumentar con la temperatura durante el desarrollo del grano pero a costa de una reducción del contenido total de aceite (Taira, Taira y Fujii, 1979).

Los lípidos amiláceos son principalmente lípidos monoacílicos (ácidos grasos y lisofosfátidos) compuestos con amilosa (Choudhury y Juliano, 1980). El contenido en lípidos amiláceos es mínimo para los gránulos de almidón glutinoso (≤0,2 por ciento), y es máximo para los arroces de amilosa intermedia (1,0 por ciento), pudiendo ser ligeramente inferior en el arroz de gran contenido de amilosa (Choudhury y Juliano, 1980; Juliano y

CUADRO 18

Rendimiento y composición de preparados de membrana celular desgrasada y tratada con proteasa-amilasa obtenidos de diferentes fracciones histológicas de la elaboración de arroz cáscara

Fracciones	Rendimiento (*porcentaje de tejido desgrasado*)	Composición (*porcentaje del total*)				Acido urónico en pectina (*porcentaje*)	Razón arabinosa:xilosa	
		Sustancias pécticas	Hemicelulosa	α–Celulosa	Lignina		Sustancias pécticas	Hemicelulosa
Revestimiento de la cariópside	29	7	38	27	32	32	1,63	0,82
Tejido de aleurona	20	11	42	16	25	25	1,78	0,84
Germen	12	23	47	9	16	16	2,29	0,96
Endospermo	0,3	27	49	1	34	34	1,09	0,64

Fuente: Shibuya, 1989.

Goddard, 1986). El arroz glutinoso elaborado tiene más lípidos no amiláceos que el no glutinoso. Los lípidos amiláceos están protegidos contra la rancidad oxidativa y el complejo lípido-amilosa es digerido por ratas en crecimiento (Holm *et al.*, 1983). Sin embargo, los lípidos amiláceos contribuyen poco al contenido energético del grano de arroz. Los principales ácidos grasos de los lípidos amiláceos son el palmítico y el linoleico, siendo menor la cantidad de ácido oleico (Choudhury y Juliano, 1980).

Polisacáridos no amiláceos

Los polisacáridos no amiláceos se componen de polisacáridos solubles en agua y de la fibra dietética insoluble (Juliano, 1985b). Pueden combinarse con el almidón y tener un efecto hipocolesterolémico (Norman, Ory y Mod, 1981, Norman *et al.*, 1984). El endospermo tiene un contenido menor de fibra dietética que el resto del arroz cáscara (Shibuya, 1989) (Cuadro 18). Los valores señalados para la fibra neutro-detergente van de 0,7 a 2,3 por ciento (Juliano, 1985b) (Cuadro 14). Además, el endospermo o pared celular de arroz elaborado tiene un bajo contenido de lignina, pero un alto contenido de sustancias pécticas o pectina. La pectina del endospermo tiene un contenido de ácido urónico superior pero también una razón de

arabinosa:xilosa inferior al de los otros tejidos del grano. La hemicelulosa del endospermo tiene también una menor razón arabinosa:xilosa que los otros tejidos del grano.

Volátiles

Los volátiles característicos del arroz cocido son el amoníaco, el sulfito de hidrógeno y el acetaldehído (Obata y Tanaka, 1965). Con la cocción, todos los arroces aromáticos contienen 2-acetil-1-pirrolina como mayor principio aromático (Buttery *et al.*, 1983). Volátiles característicos de la ranciedad de la grasa son los aldehídos, especialmente el hexanol, y las cetonas.

INFLUENCIA DEL MEDIO AMBIENTE EN LA COMPOSICION DEL ARROZ

Se sabe que los factores ambientales influyen en la composición del grano de arroz (Juliano, 1985b). El contenido proteico suele aumentar al ser mayor el espaciamiento, y como respuesta a una fuerte aplicación de fertilizantes nitrogenados, especialmente en la floración. Un breve período de crecimiento y un tiempo nublado durante la granazón, como ocurre en la temporada húmeda, pueden aumentar el contenido proteico. Las situaciones de estrés como sequía, salinidad, alcalinidad, temperatura alta o baja, enfermedades o plagas, pueden aumentar el contenido proteico del grano de arroz. El aumento del contenido proteico se produce fundamentalmente a costa de una reducción en el contenido amiláceo. Los elementos ambientales que contribuyen a aumentar el contenido proteico, como tipo de suelo, temperatura ambiental de maduración y duración del crecimiento, aumentan también el contenido de ceniza del arroz cáscara pero no influyen en su contenido de grasa. La nutrición mineral repercute en el contenido proteico del grano de arroz: la materia orgánica del suelo, el nitrógeno total, el calcio intercambiable, el cobre y el molibdeno presentes y el cloro total son elementos todos ellos que aumentan el contenido proteico del grano de arroz (Huang, 1990).

El cultivo de montaña tiene un efecto variable en el contenido proteico de ocho variedades de arroz que se siembran en Côte d'Ivoire. Cinco han mostrado un contenido proteico menor en el arroz elaborado y dos un

contenido superior en el cultivo de montaña (Villareal, Juliano y Sauphanor, 1990). Para cuatro variedades que difieren en la tolerancia a la salinidad, el contenido proteico del arroz cáscara fue mayor en suelos salinos del Punjab, Pakistán, en tres de las cuatro variedades, pero esa salinidad no tuvo efecto alguno en el contenido proteico de la cuarta (Siscar-Lee *et al.*, 1990). La falta de azufre del terreno reduce el rendimiento del grano sin perjudicar el contenido de cisteína y metionina de la proteína de arroz (Juliano *et al.*, 1987).

Con el aumento del período del crecimiento, disminuye el contenido proteico del arroz cáscara (IRRI, 1988b). En cambio, el rendimiento y la proteína del arroz cáscara no siempre guardaban una correlación negativa significativa.

En el contenido de minerales del grano influye el contenido mineral del suelo y del agua de riego. Por ejemplo, la contaminación del agua del riego por residuos de minas ha causado un alto contenido de cadmio en algunos arroces japoneses, con efectos perjudiciales (Kitagishi y Yamane, 1981).

LA CALIDAD DEL GRANO

Criterios de los consumidores

Al abundar cada vez más el arroz en el mercado, aumenta la demanda de los consumidores por arroz de calidad superior. Aunque las evaluaciones sensoriales hechas por equipos de laboratorio y cuadros de consumidores arrojan alguna indicación sobre criterios importantes para determinar la calidad del arroz, no reflejan las propiedades por las que los consumidores realmente pagarían más en el mercado al por menor. Determinando con claridad las características de calidad que valoran los consumidores, los fitogenetistas pueden buscar las propiedades que sean económicamente viables en las investigaciones fitogenéticas. Los resultados pueden servir a los sociólogos de programa para realizar investigaciones sobre política pública en el sector de la comercialización del arroz, evaluación de tecnología y prioridades de investigación.

La calidad del grano de arroz significa propiedades distintas para grupos distintos en la fase de poscosecha (Juliano y Duff, 1989). Aunque la variedad es el factor principal que contribuye a la calidad del grano, una buena

CUADRO 19

Efectos del medio ambiente, de la elaboración y de la variedad en las calidades del grano de arroz

Proceso poscosecha o propiedad del grano	Medio ambiente	Elaboración	Variedad
Recolección	+[1]	+	+ (Duración del crecimiento, fotoperíodo, grado de maduración, latencia)
Trilla	+	+	+ (Trillabilidad, desgranado)
Secado	+	+	+ (Resistencia al agnetado)
Amarillez	+	+	0
Almacenamiento/ envejecimiento	+	+	+ (El arroz glutinoso envejece menos que el no glutinoso)
Sancochado	+	+	+ (Temperatura de gelatinización)
Grano pecoso	+	+	+ (Resistencia a la chinche hedionda)
Descascarillado	0	+	+ (Dureza de la cáscara y contenido)
Elaboración			
Arroz entero	+	+	+ (Resistencia al agnetado)
Mercadeo			
Tamaño y forma	+	0	+ (Determinados genéticamente)
Grado de elaboración (blancura)	+	+	+ (Profundidad de los surcos)
Arroz entero	+	+	+ (Resistencia al agnetado)
Transparencia	+	+	+
Aroma	+	+	+
Materia extraña	+	+	0
Duración del almacenamiento	+	+	0
Cualidades de cocción y comestibles			
Contenido de amilosa	+	0	+ (Aumento de volumen y textura)
Temperatura de gelatinización	+	0	+ (Tiempo de cocción)
Consistencia de gel	+	0	+ (Dureza del arroz cocido)
Textura del arroz cocido	+	+	+
Hinchamiento del grano	+	+	+

[1] +, efecto en la calidad; 0, sin efecto.
Fuente. Juliano y Duff, 1989.

manipulación después de la cosecha puede mantenerla e incluso mejorarla (Cuadro 19). El contenido de humedad es el criterio más importante de calidad para el arroz cáscara. Para el agricultor, la calidad del grano guarda relación con la calidad de la semilla para el material de siembra y con el grano seco para el consumo, con un mínimo de humedad, de deterioro microbiano y de defectos. La industria arrocera y el comerciante buscan una humedad baja, la integridad de una misma variedad y un alto rendimiento en granos enteros y total de arroz elaborado. La calidad comercial está determinada principalmente por las propiedades físicas y el nombre de la variedad, mientras que la calidad de cocción y consumo depende de las propiedades fisicoquímicas, especialmente del contenido aparente de amilosa. En países con una variabilidad acentuada en las temperaturas durante los períodos de maduración, dentro de una misma variedad se han señalado diferencias notables en la calidad del grano. En Asia tropical, las propiedades fisicoquímicas del grano son relativamente constantes. El valor nutritivo está determinado principalmente por el contenido de proteína del arroz elaborado.

Las conclusiones principales a que se ha llegado con las investigaciones sobre el valor económico de la calidad del grano desarrolladas desde 1987 hasta 1989 por el IRRI y los programas nacionales de investigación arrocera llevados a cabo en Indonesia, Bangladesh, Malasia, Filipinas y Tailandia son que la calidad del grano de arroz y las preferencias de calidad varían según países y regiones pero hay algunas preferencias cualitativas que son ampliamente compartidas (IRRI y CIID, 1992). Los consumidores de todos los países estudiados prefieren un mayor rendimiento en arroz entero y un grano más translúcido. Los consumidores de ingresos elevados pagan precios mayores por un número también mayor de características cualitativas que los consumidores de ingresos bajos, lo cual es reflejo de su capacidad adquisitiva. Las preferencias no varían mucho según los niveles de ingresos, salvo una excepción: los consumidores de ingresos más bajos prefieren un arroz que llene más. Los análisis de laboratorio han demostrado que el arroz filipino que lleva el nombre de una variedad tradicional suele ser una variedad moderna con forma o características de cocción análogas a las variedades tradicionales (Juliano *et al.*, 1989b). Por consiguiente, la etiqueta

de «tradicional» denota para los consumidores que se trata de arroces que tienen algunas características convenientes.

Los incentivos de calidad parecen trasmitirse desde los precios del arroz al por mayor hasta llegar a los precios del arroz cáscara en Indonesia y Filipinas (IRRI y CIID, 1992). Sin embargo, esta trasmisión no es perfecta. Los estudios hechos en Filipinas demuestran que las barreras para la elaboración influyen en la eficacia de los precios. En dichos estudios se revela lo complejo de la transmisión de información sobre la calidad desde el consumidor al productor.

Dada la importancia de las características cualitativas para crear y fomentar la demanda, especialmente entre el sector urbano de ingresos más altos, la transmisión de las señales de precios y de mercado y un mayor grado de integración del mercado de productos agrícolas al por mayor y al por menor será necesaria para mejorar los precios a pie de explotación y servir de incentivo a los agricultores para producir un arroz de mejor calidad. Por otra parte, una mejora en la calidad del grano que no reduzca los rendimientos beneficiará en general a todos los consumidores de arroz bajando el costo del arroz de mejor calidad (Unnevehr *et al.*, 1985). Si se adoptan comúnmente variedades de calidad superior, los productores saldrán beneficiados al quedarse con el arroz de mejor calidad para el consumo doméstico y al disponer de un mercado interno más vasto para sus productos. Por otro lado, los países exportadores de arroz se beneficiarán de las mejoras de calidad, lo que contribuirá a ensanchar su mercado potencial de exportaciones.

Indicadores de calidad del grano

Las propiedades físicas del grano como longitud, anchura, transparencia, grado de elaboración, color y envejecimiento del arroz elaborado son indicadores de la calidad del grano. El contenido de amilosa del almidón del arroz es el principal factor para su comestibilidad. Guarda relación directa con la expansión del volumen y la absorción de agua durante la cocción y con la dureza o consistencia, blancura y opacidad del arroz cocido (Juliano, 1985b). Los estudios genéticos han demostrado que el arroz no glutinoso predomina sobre el glutinoso (Kumar, Khush y Juliano, 1987). Entre los elementos padres no glutinosos, predomina totalmente una amilosa alta

sobre una amilosa baja o intermedia, y la intermedia predomina sobre la baja (Kumar y Khush, 1987)

La temperatura de gelatinización (TG) final de los gránulos de almidón se refiere a la temperatura del agua a la que por lo menos el 90 por ciento de los granos amiláceos se han gelatinizado o han perdido birrefringencia (cruz de Malta), o se han hinchado irreversiblemente en agua caliente. La TG se clasifica, según los gránulos amiláceos del arroz, en baja (55-69,5°C), intermedia (70-74°C), y alta (74,5-80°C). En el programa de genética se establece la TG según el valor de dispersión al álcali, basado en el grado de dispersión de seis granos de arroz elaborado en 10 ml de hidróxido de potasio al 1,7 por ciento después de 23 horas de remojo a 30°C (Little, Hilder y Dawson, 1958).

No es común un valor elevado de la TG, especialmente en los arroces con alto contenido de amilosa. Una temperatura ambiente baja durante la maduración puede aumentar el contenido de amilosa y reducir de forma independiente la TG (Nikuni *et al.*, 1969; Resurrección *et al.*, 1977; Dien *et al.*, 1987). La TG afecta al grado de cocción del arroz debido al gradiente de cocción desde la superficie al centro del grano. Ya que la TG se corresponde directamente con el tiempo de cocción, una TG baja favorece el ahorro de combustible, si la comestibilidad no resulta perjudicada. La TG también repercute en las propiedades moleculares de la amilopectina.

La prueba de la consistencia del gel se desarrolló para determinar la dureza o consistencia del arroz cocido entre los arroces de amilosa alta (Cagampang, Pérez y Juliano, 1973). Se clasifica en base a la longitud del gel en blanda (61-100 mm), mediana (41-60 mm), y dura (27-40 mm). Se prefiere una consistencia del gel de blanda a mediana a una consistencia dura en los arroces tanto glutinosos como no glutinosos. Un alto contenido proteico contribuye a una consistencia más dura del gel. La amilopectina contribuye más que la amilosa a la consistencia del gel del almidón y a su viscosidad.

Entre los arroces del mismo tipo aparente de amilosa, el valor de dispersión al álcali y de consistencia del gel pueden servir de índices cualitativos. Entre los arroces de alto contenido de amilosa, los de TG intermedia y de consistencia blanda del gel son preferidos por los consumidores a los de TG baja y consistencia dura (Juliano, 1985b). Entre los arroces

CUADRO 20

Rol de los indicadores de calidad del arroz en los programas de fitogenética

Programa fitogenético	Propiedades físicas[1]	Textura del almidón[2]	Textura del arroz cocido[2]
Variedades tradicionales	Principal	Opcional	Opcional
Variedades modernas	Importante	Importante	Verificación
Calidad del grano	Importante	Verificación	Importante

[1]Contenido de amilosa, valor de dispersión al álcali (temperatura de gelatinización), consistencia del gel.
[2]Evaluación sensorial o método instrumental: instrón, texturómetro, tensiprensor, viscoelastógrafo, etc.
Fuente: Juliano y Duff, 1991.

de amilosa intermedia derivados de C4-63G, el tipo con un valor intermedio de TG como el IR64 se prefiere a un tipo con valor bajo de TG como el IR48, pues el arroz cocido es más blando. Los valores de consistencia del gel son análogos entre estos arroces de amilosa intermedia. Entre los arroces de amilosa baja y los arroces glutinosos, se prefiere un tipo de TG baja a un tipo con un valor de TG alto. En un programa de fitogenética arrocera, la consistencia dura del gel predomina sobre un gel mediano y blando, y la consistencia del mediano predomina sobre el blando (Tang, Khush y Juliano, 1989).

La trasmisión hereditaria del contenido proteico es muy baja y para cada variedad se observa una escala de seis puntos porcentuales (Coffman y Juliano, 1987).

Son los factores ambientales los que contribuyen significativamente al aumento del contenido proteico. El arroz con elevado contenido de proteína es más eficaz en transmitir el N de la paja al grano en formación dando lugar a un mayor índice de N en la cosecha (N de panícula/N de panícula + N de paja) (Pérez *et al.*, 1973).

Al alcanzar muchos países la autarquía arrocera, la calidad del grano se convierte en un importante objetivo genético (Juliano y Duff, 1991). En el programa genético tradicional, ambos componentes padres son de calidad conocida, de suerte que la calidad de las líneas genéticas pueda predecirse en función de indicadores basados en las propiedades físicas, es decir, en el contenido aparente de amilosa, en el valor de dispersión al álcali y en la

consistencia del gel (Cuadro 20). Con las variedades modernas o semienanas, obtenidas de componentes padres de cualidades contrastantes, las propiedades amiláceas complementan los métodos físicos para una determinación de la calidad en las líneas genéticas. La genética dirigida a la calidad del grano supone la discriminación entre líneas con propiedades amiláceas análogas, como en los Estados Unidos, el Japón, la República de Corea y el IRRI, donde la evaluación de la textura del arroz cocido es el indicador clave.

Características cualitativas de los arroces en el mundo: muestras nacionales

La compilación de los contenidos de amilosa y proteína de los arroces elaborados de países asiáticos y de otras partes ha demostrado el predominio de arroces con alto contenido de amilosa en Asia (Cuadro 21). Es el principal tipo de arroz existente en Bangladesh, Sri Lanka, Tailandia y Viet Nam. El arroz de contenido intermedio de amilosa predomina en Bhután, Myanmar y el Pakistán, mientras que el arroz de bajo contenido de amilosa predomina en China-Taiwan, el Japón y la República de Corea. Los arroces muy bajos en amilosa sólo se señalan en Brunei, Indonesia, la República de Corea, Laos, Sarawak (Malasia), Myanmar, Filipinas y Tailandia. Los arroces glutinosos están representados en China, Indonesia, el Japón, la República de Corea, Laos, Malasia occidental, Myanmar, Filipinas y Tailandia. El arroz glutinoso es el alimento básico en Laos y en el norte y nordeste de Tailandia.

El contenido proteico de las muestras de arroz elaborado oscilaba del 4 al 14 por ciento y la media iba del 6,3 al 9,2 por ciento. El contenido general medio de proteína es del 7,8 por ciento (Cuadro 21).

Para las variedades cultivadas fuera de Asia, están igualmente representados los arroces de contenido bajo, intermedio y alto de amilosa (Cuadro 22). En Colombia, Ghana, Guatemala, Nigeria, el Paraguay, el Perú, Sierra Leona y Venezuela, predominan los arroces de alto contenido de amilosa. En Chile, Grecia, Hungría, Irán, Italia, Suriname y Venezuela predominan en cambio los arroces de amilosa intermedia. En la Argentina, Australia, Bulgaria, Egipto, Francia, Portugal, Turquía, los Estados Unidos

CUADRO 21

Amilograma y contenido proteico de los arroces elaborados de variedades cultivadas en varios países asiáticos (IRRI, 1963-90)

País	Número de muestras	Tipo de amilosa[1]					Proteína (porcentaje al 12 por ciento de H_2O)	
		Glutinoso	Muy bajo	Bajo	Inter-medio	Alto	Rango	Media
Bangladesh	58	0	0	2	7	49	5-12	7,7
Bhután	40	0	0	2	22	16	5-9	6,9
Brunei	11	0	1	0	4	6	6-13	7,9
Camboya	34	0	0	4	5	25	4-12	6,4
China	74	4	0	18	12	40	6-13	8,3
China-Taiwan	58	10	0	34	6	8	4-11	7,6
Corea, Rep.	147	4	2	121	19	1	6-11	8,2
Filipinas[2]	328	39	3	23	98	165	5-14	8,2
India	52	0	0	2	8	42	6-11	8,5
India (Maharashtra)	14	0	0	0	2	12	5-8	6,3
Indonesia	133	5	2	5	50	71	5-11	7,9
Irán	33	0	0	11	15	7	3-12	9,2
Japón	67	5	0	57	5	0	5-12	7,2
Laos	20	11	2	1	5	1	6-9	7,4
Malasia (Sarawak)	27	0	3	4	6	14	5-14	7,1
Malasia (Sabah)	10	0	0	0	3	7	6-8	6,8
Malasia occidental	46	3	0	0	5	38	6-11	7,4
Myanmar	61	1	11	12	19	18	5-11	6,9
Nepal	46	0	0	10	8	28	5-9	7,0
Pakistán	66	0	0	3	33	30	6-10	8,1
Sri Lanka	67	0	0	0	6	61	6-13	8,8
Tailandia	83	22	2	6	13	40	4-14	8,0
Turquía	14	0	0	13	1	0	6-10	7,4
Viet Nam	133	1	0	6	24	102	5-11	7,7
Total	**1 622**	**105**	**26**	**334**	**376**	**781**	**4-14**	**7,8**

[1]Glutinoso, 0-5 por ciento; muy bajo, 5,1-12,0 por ciento; bajo, 12,1-20,0 por ciento; intermedio, 20,1-25,0 por ciento; alto, > 25,0 por ciento.
[2]Incluye variedades cultivadas en el IRRI.
Fuente: Juliano y Villarreal, 1991.

y los territorios que fueron de la Unión Soviética, predominan los arroces de bajo contenido de amilosa. Los Estados Unidos tienen el único arroz de muy bajo contenido de amilosa y tienen arroces glutinosos junto con Australia. El contenido de proteína de las muestras de arroz elaborado cultivado fuera de Asia iba del 5 al 13 por ciento y los valores medios oscilaban del 6,2 al 10,5 por ciento. El contenido proteico medio es del 7,2 por ciento, que es inferior a la del arroz asiático (Cuadro 22).

En el Cuadro 23 aparece tabulado el tipo de amilosa preferido en varios países arroceros de Asia y de otras partes del mundo, que producen el 0,1 por ciento o más del total mundial (Juliano y Duff, 1991). El arroz de amilosa intermedia parece ser el más apreciado, seguido por arroces de amilosa baja y alta y en último lugar por el arroz glutinoso. Los arroces de contenido bajo de amilosa son principalmente el japónica, salvo para Tailandia y la Argentina. Los arroces tailandeses son el jazmín o Khao Dawk Mali tipo 105, cuyo consumo se está generalizando en los Estados Unidos y Europa. Los arroces de amilosa intermedia se prefieren en el mayor número de países y comprenden los arroces basmati, variedades de bulu indonésico (javánica), el Ng Kywe de Myanmar o los arroces que se hinchan D25-4, así como las variedades estadounidenses de grano largo. En la mayoría del Asia meridional (Bangladesh, la India, el Pakistán y Sri Lanka), se prefieren los arroces de alto contenido de amilosa con gel de mediano a blando y ello porque se prestan para el sancochado o precocido.

Calidad del arroz en los mercados internacionales

Los tipos de arroces de calidad comercializados en los mercados internacionales son fundamentalmente el arroz de grano largo y de gran calidad, el arroz de grano largo de calidad media, el arroz de grano corto, el arroz sancochado o precocido, el arroz aromático o fragante y el arroz glutinoso (Efferson, 1985). Cada uno de ellos tiene distintos mercados. El arroz de calidad superior y de grano largo se vende principalmente en Europa y el Medio Oriente, el de grano largo y de calidad media en los países deficitarios de Asia, el de grano corto en varias zonas en que la demanda es especial, el arroz sancochado de gran calidad en el Medio Oriente y Africa y el sancochado de calidad inferior en mercados peculiares de Asia y Africa. La

CUADRO 22

Amilograma y contenido proteico de los arroces elaborados de variedades cultivadas en varios países fuera de Asia (IRRI, 1963-90)

País	Número de muestras	Tipo de amilosa[1]					Proteína (porcentaje al 12 por ciento de H_2O)	
		Glutinoso	Muy bajo	Bajo	Inter-medio	Alto	Rango	Media
Argentina	46	0	0	23	16	7	6-9	7,6
Australia	25	2	0	13	7	3	5-10	6,7
Bolivia	6	0	0	1	5	0	7-10	8,2
Brasil	91	0	0	23	26	42	5-13	8.5
Bulgaria	23	0	0	14	8	1	6-10	7,4
Camerún	2	0	0	0	1	1	8-11	9,8
Chile	14	0	0	5	4	0	6-10	7,4
Colombia	20	0	0	0	5	15	6-11	7,9
Costa Rica	4	0	0	0	2	2	9-13	10,5
Côte d'Ivoire	23	0	0	6	8	9	6-11	7,9
Cuba	24	0	0	7	7	10	6-9	7,6
Ecuador	17	0	0	0	3	14	6-8	6,8
Egipto	44	0	0	29	8	7	5-10	6,7
El Salvador	12	0	0	0	5	7	6-11	8,2
España	12	0	0	9	3	0	6-13	8,2
Estados Unidos	87	5	1	40	23	18	5-10	7,0
Francia	43	0	0	27	14	2	5-12	7,0
Ghana	22	0	0	0	7	15	6-9	7,8
Grecia	10	0	0	3	5	2	5-8	6,4
Guatemala	8	0	0	0	2	6	6-8	6,8
Guyana	10	0	0	0	4	6	7-12	8,8
Hungría	42	0	0	15	26	1	6-11	7,2
Italia	37	0	0	14	23	0	5-8	6,9
Liberia	12	0	0	2	3	7	6-9	7,6
Madagascar	9	0	0	1	3	5	5-10	7,5

(*cont.*)

CUADRO 22

Amilograma y contenido proteico de los arroces elaborados de variedades cultivadas en varios países fuera de Asia (IRRI, 1963-90)
(continuación)

País	Número de muestras	Tipo de amilosa[1]					Proteína (porcentaje al 12 por ciento de H_2O)	
		Glutinoso	Muy bajo	Bajo	Inter-medio	Alto	Rango	Media
México	35	0	0	1	12	22	5-11	7,2
Nigeria	66	0	0	7	16	43	6-11	7,4
Panamá	2	0	0	0	0	2	6	6,2
Paraguay	15	0	0	1	2	12	7-10	8,4
Perú	35	0	0	11	8	16	5-11	7,5
Rep. Dominicana	9	0	0	1	2	6	4-9	7,6
Portugal	31	0	0	17	13	1	5-8	6,8
Senegal	11	0	0	0	1	10	5-10	7,2
Sierra Leona	108	0	0	9	14	85	5-10	7,0
ex URSS	25	0	0	16	9	0	5-7	6,4
Suriname	34	0	0	8	15	11	6-9	7,5
Togo	2	0	0	0	1	1	8	7,6
Venezuela	6	0	0	0	0	6	6-7	7,1
Total	**1 017**	**7**	**1**	**303**	**316**	**390**	**5-13**	**7,2**

[1]Glutinoso, 0-5 por ciento; muy bajo, 5,1-12,0 por ciento; bajo, 12,1-20,0 por ciento; intermedio, 20,1-25,0 por ciento; alto, > 25,0 por ciento.
Fuente: Juliano y Villarreal, 1991.

demanda principal de arroz aromático se da en el Medio Oriente, mientras que el arroz glutinoso cubre las necesidades comerciales de Laos, correspondiendo volúmenes menores a otros países.

En las economías que son consumidoras tradicionales de arroz como Hong Kong y zonas de Roma (Italia), resulta que las características cualitativas en los principales mercados al por menor constituyen un motivo importante para el precio al detalle (Kaosa-ard y Juliano, 1989). En Hong Kong se prefieren los arroces transparentes de bajo contenido de amilosa y de grano largo, con un mayor contenido de arroz entero y una consistencia

CUADRO 23

Tipo aparente de amilosa del grano de arroz preferido en varios países arroceros que producen el 0,1 por ciento o más del total mundial de arroz

Glutinoso	Bajo	Intermedio	Alto
Asia			
Laos Tailandia septentrional	China (japónica) China-Taiwan (japónica) Corea, Rep Japón Nepal Tailandia nororiental	Camboya China[1] (japónica) Filipinas India Indonesia Malasia Myanmar Pakistán (basmati) Tailandia central Viet Nam	Bangladesh China (indica) Filipinas India Pakistán (tipo IR6) Sri Lanka Tailandia septentrional, central, meridional
Fuera de Asia			
	Argentina Australia España Estados Unidos (grano corto y medio) ex URSS	Brasil (de montaña) Cuba Côte d'Ivoire Estados Unidos (grano largo) Italia Liberia Madagascar Nigeria	Brasil (inundado) Colombia Guinea[2] México Perú

[1]Datos del Instituto Nacional de Investigaciones Arroceras de China, Hangzhou.
[2]Datos del Instituto Internacional de Agricultura Tropical, Lagos, Nigeria.
Fuente: Juliano y Duff, 1991.

más blanda del gel. En Roma, el precio guardaba una relación positiva con el carácter yesoso y el número de tipos de envasado, y negativamente con la consistencia del gel. Los arroces importados eran más costosos que las variedades japónica locales, muchas de las cuales también se vendían precocidas. En Bonn, Alemania, que es un mercado tradicionalmente no consumidor de arroz, el contenido de arroz entero era la sola propiedad del grano de arroz estadísticamente importante, y el grado de elaboración, el tamaño del lote y los tipos de envasado eran consideraciones importantes para el precio.

Los arroces tailandeses de exportación han resultado más variables en propiedades amiláceas que los arroces de grano largo estadounidenses, principalmente los de amilosa intermedia, lo que responde a la mayor heterogeneidad de los valores de temperatura de la amilosa y de la gelatini-

zación entre las variedades tailandesas (Juliano, Pérez y Kaosaard, 1990). El arroz quebrado y el arroz entero se mezclan según lo pida el importador.

Capítulo 4

Valor nutritivo del arroz y de las dietas a base de arroz

En el Cuadro 14 se mostró la composición bruta del arroz y sus varias fracciones de elaboración. Se ve allí que el arroz es rico en energía y que constituye una buena fuente de proteína. Contiene una cantidad razonable de tiamina, riboflavina, niacina y vitamina E, así como otros nutrientes. No contiene vitamina C, D y A. Dada la cantidad que se consume, es la fuente principal de energía, proteínas, hierro, calcio, tiamina, riboflavina y niacina en la alimentación asiática.

COMPOSICION DE NUTRIENTES Y CALIDAD DE LAS PROTEINAS DEL ARROZ COMPARADO CON OTROS CEREALES

La comparación del contenido de nutrientes, a un 14 por ciento de humedad, de los alimentos cerealeros básicos y de los tubérculos de mayor contenido de humedad (Cuadros 24 a 27) arroja un contenido energético algo superior en los cereales (Cuadro 24), pero un contenido mayor de ácido ascórbico en los tubérculos (Cuadro 25). La yuca tiene un contenido proteico sumamente bajo (Cuadro 24), incluso después de hechas las correcciones pertinentes para tener en cuenta las diferencias de humedad.

El arroz tiene un nivel proteico análogo al de la papa y el ñame, en peso en seco, pero es el de menor contenido entre los cereales. El arroz tiene también el contenido mínimo de fibra dietética.

De un análisis de los aminoácidos (Cuadro 26) resulta que la lisina es el primer aminoácido esencial reductor en las proteínas cerealeras, pero que el contenido de lisina es máximo en la avena y el arroz entre las proteínas de cereales (Eggum, 1979) (Cuadro 26). En cambio, las proteínas de los tubérculos son suficientes en lisina, pero deficientes en aminoácidos azufra-

CUADRO 24

Composición aproximada de alimentos básicos cerealeros y tubérculos (por 100 g)

Alimento	Humedad (*porcentaje*)	Proteína (*g N × 6,25*)	Grasa cruda (*g*)	Carbohidratos disponibles[1] (*g*)	Fibra (*g*)			Ceniza cruda (*g*)	Energía (*kJ*)	Energía (*kcal*)
					dietética	insoluble en agua	lignina			
Arroz integral	14,0	7,3	2,2	71,1	4,0	(2,7)	(0,1)	1,4	1 610	384
Trigo	14,0	10,6	1,9	61,6	10,5	(7,8)	(0,6)	1,4	1 570	375
Maíz	14,0	9,8	4,9	60,9	9,0	(6,8)	(0)	1,4	1 660	396
Mijo	14,0	11,5	4,7	64,6	3,7	(2,3)	(0)	1,5	1 650	395
Sorgo	14,0	8,3	3,9	57,4	13,8	(12,4)	(3,0)	2,6	1 610	384
Centeno	14,0	8,7	1,5	60,9	13,1	(8,4)	(1,4)	1,8	1 570	375
Avena	14,0	9,3	5,9	63,0	5,5	(3,9)	(0)	2,3	1 640	392
Papa	77,8	2,0	0,1	15,4	2,5	(1,9)	(0)	1,0	294	70
Yuca	63,1	1,0	0,2	31,9	2,9	(2,2)	(0)	0,7	559	133
Ñame	71,2	2,0	0,1	22,4	3,3	(2,6)	(0)	1,0	411	98

[1]Extracto sin nitrógeno por diferencia.
Fuentes. Souci, Fuchmann y Kraut, 1986; Eggum, 1969, 1977, 1979.

dos –cisteína y metionina– especialmente a niveles proteicos altos (Eppendorfer, Eggum y Bille, 1979; FNRI, 1980). La harina de maíz de grano entero tenía una calidad proteínica comparable a la del trigo debido a su germen grande, que tiene un alto contenido de proteína rica en lisina. El cálculo del cómputo de aminoácidos basado en el modelo OMS/FAO/UNU (OMS, 1985) daba como resultado que las proteínas de tubérculos eran superiores a las de los cereales pero sin considerar su digestibilidad real. Los tubérculos contienen más humedad y, por lo tanto, tienen una densidad de nutrientes y energía inferior a la de los cereales.

El arroz tiene la máxima digestibilidad de las proteínas entre los alimentos básicos (Cuadro 27). Sin embargo, la proteína de la papa presenta un mayor valor biológico que las de los cereales, de acuerdo con su alto contenido de aminoácidos, pero su coeficiente de utilización neta de proteínas (UNP) es inferior a la del arroz. La proteína utilizable es comparable en el arroz descascarado, trigo, maíz, centeno, avena y papa, pero inferior en el sorgo

CUADRO 25

Contenido de vitaminas y minerales de alimentos básicos cerealeros y de tubérculos (por 100 g)

Alimento	Caroteno *(mg)*	Tiamina *(mg)*	Riboflavina *(mg)*	Niacina *(mg)*	Acido ascórbico *(mg)*	Vitamina E *(mg)*	Hierro *(mg por ciento)*	Zinc[1] *(mg por ciento)*
Arroz integral	0	0,29	0,04	4,0	0	0,8	3	2
Trigo	0,02	0,45	0,10	3,7	0	1,4	4	3
Maíz	0,37	0,32	0,10	1,9	0	1,9	3	3
Mijo	0	0,63	0,33	2,0	0	0,07	7	3
Sorgo	10,0	0,33	0,13	3,4	0	0,17	9	2
Centeno	0	0,66	0,25	1,3	0	1,9	9	3
Avena	0	0,60	0,14	1,3	0	0,84	4	3
Papa	0,01	0,11	0,05	1,2	17	0,06	0,8	0,3
Yuca	0,03	0,06	0,03	0,6	30	0	1,2	0,5
Ñame	0,01	0,09	0,03	0,6	10	0	0,9	0,7

[1]Nivel de zinc de la yuca y del ñame según Bradbury y Holloway (1988).
Fuentes: Souci, Fuchmann y Kraut, 1986; Eggum, 1969, 1977, 1979.

y mayor en el mijo. El arroz tiene la máxima digestibilidad energética, debido probablemente en parte a su bajo contenido de fibra dietética y tanino (Cuadros 24 y 26).

Las proteínas de los cereales son menos digestibles por los niños y adultos que las de huevo y leche salvo por lo que respecta al endospermo del trigo (OMS, 1985) (Cuadro 28). Los valores de digestibilidad para las proteínas de arroz elaborado cocido eran inferiores a las del arroz elaborado crudo (casi un 100 por ciento) en las ratas, pero se aproximaban a los valores correspondientes a las proteínas de otros cereales, exceptuando el sorgo. Sobre la base del valor medio de la digestibilidad real de los huevos, leche, queso, carne y pescado, que es del 95 por ciento, la digestibilidad respectiva del arroz elaborado en relación con esas proteínas de referencia es del 93 por ciento (OMS, 1985).

La proteína del arroz cocido tiene una menor digestibilidad real en el hombre que la proteína de arroz crudo en las ratas en crecimiento (Cuadro 28). La proteína del arroz cocido tiene también una digestibilidad real del 89

CUADRO 26

Contenido de aminoácidos y tanino en los cereales de grano entero y tubérculos

Alimento	Lisina *(g/16 g N)*	Treonina *(g/16 g N)*	Metionina + cistina *(g/16 g N)*	Triptofano *(g/16 g N)*	Aminoácidos[1] *(porcentaje)*	Tanino *(porcentaje)*
Arroz integral	3,8	3,6	3,9	1,1	66	0,4
Trigo	2,3	2,8	3,6	1,0	40	0,4
Maíz	2,5	3,2	3,9	0,6	43	0,4
Mijo	2,7	3,2	3,6	1,3	47	0,6
Sorgo	2,7	3,3	2,8	1,0	47	1,6
Centeno	3,7	3,3	3,7	1,0	64	0,6
Avena	4,0	3,6	4,8	0,9	69	1,1
Papa	6,3	4,1	3,6	1,7	100	
Yuca	6,3	3,4	2,6	1,0	91	
Ñame	6,0	3,4	2,9	1,3	100	

[1]Valores todos ellos basados en 5,8 por ciento de lisina como 100 por ciento, salvo la yuca que se basa en el 1,1 por ciento de triptofano como 100 por ciento (OMS, 1985).
Fuentes: Eggum, 1969, 1977, 1979; FNRI, 1980.

CUADRO 27

Datos de balance de cereales de grano entero y papa en cinco ratas

Alimento	Digestibilidad real del N *(porcentaje)*	Valor biológico *(porcentaje)*	Utilización neta de la proteína *(porcentaje)*	Proteína utilizable *(porcentaje)*	Energía digerible	
					(kcal/g)	*(porcentaje del total)*
Arroz integral	99,7	74,0	73,8	5,4	3,70	96,3
Trigo	96,0	55,0	53,0	5,6	3,24	86,4
Maíz	95,0	61,0	58,0	5,7	3,21	81,0
Mijo	93,0	60,0	56,0	6,4	3,44	87,2
Sorgo	84,8	59,2	50,0	4,2	3,07	79,9
Centeno	77,0	77,7	59,0	5,1	3,18	85,0
Avena	84,1	70,4	59,1	5,5	2,77	70,6
Papa	82,7	80,9	66,9	5,2	–	–

Fuentes: Eggum, 1969, 1977, 1979.

CUADRO 28

Cálculo de la digestibilidad real por adultos y niños de proteínas de cereales en varios alimentos, comparada con las proteinas del huevo, la leche y la carne

Fuente de las proteínas	Media	Digestibilidad con respecto a las proteínas de referencia
Arroz elaborado	88 ± 4	93
Trigo integral	86 ± 5	90
Trigo, endospermo (harina)	96 ± 4	101
Maíz integral	85 ± 6	89
Mijo	79	83
Sorgo	74	78
Avena, harina	86 ± 7	90
Huevos	97 ± 3	
Leche	95 ± 3	100[1]
Carne, pescado	94 ± 3	

[1]Digestibilidad real media del 95 por ciento.
Fuentes: Hopkins, 1981; OMS, 1985.

por ciento cuando se comprueba en las ratas en crecimiento (Eggum, Resurrección y Juliano, 1977).

Los estudios sobre balance de nitrógeno en niños peruanos de edad preescolar alimentados con cereales cocidos (Graham *et al.*, 1980; MacLean *et al.*, 1978, 1979, 1981) y papa (López de Romaña *et al.*, 1980) han arrojado la máxima absorción aparente de N para los tallarines de trigo, pero la máxima retención aparente de N para papas peladas, y la máxima calidad proteínica, sobre la base de la retención aparente de nitrógeno de las dietas testigo de caseína, para el arroz elaborado y la papa (Cuadro 29). La proteína utilizable es máxima para el trigo y el arroz. El maíz de alto contenido de lisina u opaco-2 es inferior al arroz elaborado por lo que se refiere a la cantidad de proteína pero superior al maíz normal. La digestibilidad de energía determinada con arreglo al peso fecal en seco, fue mínima para el sorgo, debido probablemente a su alto contenido de tanino (Cuadro 26).

CUADRO 29

Utilización comparativa de las proteínas y peso fecal en seco en niños peruanos de edad preescolar alimentados con cereales y papa cocidos

Alimento cocido	Proteína *(porcentaje N × 6,25)*	Contenido de lisina *(g/16 g N)*	Número de niños	Ingesta diaria de N *(mg/100 kcal)*	Absorción aparente de N *(porcentaje)*	Retención aparente de N *(porcentaje)*	Calidad proteínica *(porcentaje de caseína)*	Proteína utilizable *(porcentaje)*	Peso fecal en seco *(g/día)*	Fuente
Arroz elaborado	7,2	3,9	8	240	66,6 ± 8,6	28,6 ± 9,4	76,1	5,5	15,6 ± 2,3	MacLean *et al.*, 1978
Tallarines de trigo	11,4	<2,5	9	262	81,4 ± 3,0	20,4 ± 5,8	51,0	5,8	13,3 ± 2,5	MacLean *et al.*, 1979
Harina de maíz degerminada (normal)	7,1	2,2	6	256	64,1 ± 11,4	15,1 ± 8,9	40,8	2,9	29,0 ± 5,0	Graham *et al.*, 1980
Harina de maíz degerminada (opaco-2)	6,5	3,4	6	256	69,6 ± 6,3	22,8 ± 5,5	62,0	4,0	31,0 ± 4,0	Graham *et al.*, 1980
Harina de sorgo entero	12,0	2,2	9	320	46,0 ± 21	12,0 ± 1	28,0	3,4	38,2 ± 15,3	MacLean *et al.*, 1981
Papas sin cáscara	5,8	~6	7	201	65,9 ± 3,7	33,9 ± 5,6	77,0	4,5	19,0 ± 4,6	López de Romaña *et al.*, 1980

PROTEINA DE ARROZ ELABORADO

El valor habitual que se asigna al contenido proteico del arroz elaborado es del 7 por ciento, sobre la base de un coeficiente de conversión vegetal del 5,95 por ciento. Sin embargo, en estudios sobre nutrición, se emplea el coeficiente 6,25 para hacer las dietas isonitrógenas con las proteínas normales. La digestibilidad real de la proteína de arroz cocido en los seres humanos es del 88 ± 4 por ciento (OMS, 1985) (Cuadro 28). Su riqueza en aminóacidos es de un 65 por ciento sobre la base de un 5,8 por ciento de lisina como 100 por ciento (OMS, 1985). La UNP del arroz elaborado en las ratas es de un 70 por ciento (Eggum y Juliano, 1973, 1975). El valor biológico en las ratas en crecimiento es de un 70 por ciento en el arroz crudo y de un 80 en el arroz cocido (Eggum, Resurrección y Juliano, 1977).

La proteína del arroz crudo es 100 por ciento digerible en dichas ratas (Eggum y Juliano, 1973, 1975). Aunque la cocción reduce la digestibilidad real en estas ratas al 89 por ciento, la digestibilidad de la lisina sigue aproximándose al 100 por ciento (Eggum, Resurrección y Juliano, 1977, Eggum, Cabrera y Juliano, 1992). Por lo tanto, la UNP del arroz cocido es también de un 70 por ciento (véase el Capítulo 5).

ARROZ RICO EN PROTEINA

Los ensayos de alimentación en ratas en crecimiento y un estudio de datos de índice de crecimiento (Blackwell, Yang y Juliano, 1966), así como las determinaciones de la relación de eficacia de la proteína e índice de formación del nitrógeno (Bressani, Elías y Juliano, 1971), los estudios de UNP (Eggum y Juliano, 1973, 1975; Murata, Kitagawa y Juliano, 1978), y los valores para el valor nutritivo relativo (Hegsted y Juliano, 1974) han demostrado que un aumento en la proteína del arroz elaborado que vaya del 7 al 9 por ciento ofrece ventajas nutricionales, sobre la base de la proteína utilizable (contenido de proteína por calidad de la proteína) (Cuadros 30 y 31). El contenido de lisina de la proteína de arroz desciende sólo ligeramente al aumentar el contenido proteico del arroz elaborado al 10 por ciento y luego se vuelve constante por encima del 10 por ciento de proteína (Cagampang *et al.*, 1966; Juliano, Antonio y Esmama, 1973).

Estos ensayos en ratas se verificaron mediante estudios isonitrógenos de

CUADRO 30

Efecto del contenido proteico en la calidad de las proteínas del arroz elaborado sobre la base de la UNP y varios ensayos de escala (aumento de peso) y proteínas de referencia en ratas en crecimiento

Fuente de proteínas de arroz	Contenido proteico (*porcentaje N × 6,25*)	Lisina (*g/16 g N*)	Aminoácidos[1] (*porcentaje*)	UNP[2] (*porcentaje*)	Valor nutritivo relativo (*porcentaje*)			
					I[3]	II[4]	III[5]	IV[6]
Intan	6,0	4,1	70	75	78	77	82	–
Comercial	6,7	3,4	58	56	–	–	–	51
IR8	7,7	3,6	62	70	69	72	63	–
IR22	7,9	3,8	65	–	78	–	–	–
IR22	10,0	3,9	67	69	77	–	–	–
IR8	10,2	3,5	60	65	68	67	–	–
IR480-5-9	10,3	3,5	61	–	–	– 57	–	–
IR480-5-9	11,0	3,2	55	63,56	–	–	–	48
IR1103-15-8	11,6	3,6	63	71	65	–	–	–
IR58	11,8	3,5	60	68	–	–	–	–
IR480-5-9	11,8	3,3	58	64	53	–	–	–
IR480-5-9	12,3	3,3	58	–	54	–	–	–
BPI-76-1	15,2	3,2	55	66	46	60	42	–

[1]Sobre la base de un 5,8 por ciento de lisina como 100 por ciento (OMS, 1985).
[2]Eggum y Juliano, 1973, 1975; Murata, Kitagawa y Juliano, 1978.
[3]Sobre la base de 0,28, 56 y 84 por ciento de dietas de arroz y escala de lactalbúmina al 100 por ciento (Hegsted y Juliano, 1974).
[4]Sobre la base de 0, 1, 2, 3, 4 y 5 por ciento de dietas proteínicas, y de caseína al 75 por ciento (Bressani, Elías y Juliano, 1971).
[5]Sobre la base de 2, 5 y 8 por ciento de dietas proteínicas y caseína al 75 por ciento (B.E. McDonald, comunicación personal, 1974).
[6]Sobre la base de 0, 4, 8, 12 y 15 por ciento de dietas proteínicas y huevo al 100 por ciento (Murata, Kitagawa y Juliano, 1978).

balance de N en niños peruanos de edad preescolar (MacLean *et al.*, 1978) y Filipinas (Roxas, Intengan y Juliano, 1979) (Cuadro 32). Aunque la retención aparente de N fue algo menor para el arroz rico en proteína, la reducción fue sólo una fracción del aumento en el contenido proteico. Los estudios de balance de nitrógeno a corto plazo también registraron que la sustitución del arroz de contenido proteico medio (7,5-7,8 por ciento) por una cantidad igual en peso de arroz rico en proteína (11,4-14,5 por ciento)

CUADRO 31

Efecto del contenido proteico en la calidad de las proteínas del arroz elaborado crudo sobre la base del balance de nitrógeno en ratas en crecimiento

Fuente de proteínas de arroz	Contenido proteico (*porcentaje N × 6,25*)	Lisina (*g/16g N*)	Amino-ácidos[1] (*porcentaje*)	Digestibilidad real (*porcentaje*)	Valor biológico (*porcentaje*)	UNP (*porcentaje*)	Proteína utilizable (*porcentaje*)
Intan	6,0	4,1	70	100,1	75,2	75,3	4,5
Comercial	6,7	3,4	58	–	–	56[2]	3,8
IR8	7,7	3,6	62	96,2	73,1	70,3	5,4
IR8	8,1	3,6	62	99,2	69,5	68,9	5,6
Perurutong	8,1	3,7	63	97,5	68,4	66,7	5,4
IR32	8,3	3,6	62	98,4	67,5	66,4	5,5
H4	9,7	3,4	58	99,2	65,7	65,2	6,3
IR8	9,9	3,4	59	98,0	69,2	67,8	6,7
IR480-5-9	9,9	3,5	60	99,8	71,0	71,0	7,0
IR22	10,0	3,9	67	98,5	69,7	68,7	6,9
IR8	10,2	3,5	60	95,4	68,4	65,2	6,7
IR2031-724-2	10,2	3,5	61	99,9	66,5	66,4	6,8
IR480-5-9	11,0	3,2	55	–	–	63,56[2]	6,9;6,2
IR480-5-9	11,2	3,4	59	100,4	66,8	67,1	7,5
IR480-5-9	11,4	3,4	58	100,6	68,4	68,8	7,8
IR1103-15-8	11,6	3,6	63	95,9	74,3	71,1	8,2
IR480-5-9	11,8	3,3	58	94,5	67,9	64,2	7,6
IR58	11,8	3,5	61	99,1	68,8	68,3	8,1
IR2153-338-3	12,2	3,6	61	98,5	69,9	68,8	8,4
IR480-5-9	13,0	3,3	57	100,1	67,7	67,8	8,8
BPI-76-1	15,2	3,2	55	94,4	70,1	66,2	10,1
IR32, desalmidonado	18,7	4,0	70	96,8	69,0	66,8	12,5
IR480-5-9, desalmidonado	49,4	3,3	56	94,7	65,4	61,9	30,6
IR480-5-9, gelatinizado y desalmidonado	80,2	3,6	62	92,5	73,2	67,7	54,3

[1]Sobre la base de lisina, 5,8 g/16 g N como 100 por ciento (OMS, 1985).
[2]Sobre la base de un análisis de N en canal (Murata, Kitagawa y Juliano, 1978).
Fuentes: Eggum y Juliano, 1973, 1975; Eggum, Alabata y Juliano, 1981; Eggum, Juliano y Maniñgat, 1982; Eggum *et al.*, 1987; Murata, Kitagawa y Juliano, 1978; IRRI, 1976; Resurrección, Juliano y Eggum, 1978.

CUADRO 32

Datos de balance de nitrógeno de dietas de arroz elaborado con contenido proteico alto y medio en niños varones

Dieta	Número de niños	Edad (*años*)	Contenido proteico del arroz (*porcentaje N × 6,25*)	Lisina (*g/16 g N*)	Ingesta diaria de N (*mg/kg de peso corporal*)	Digestibilidad aparente de N (*porcentaje de ingesta*)	Retención aparente de N (*porcentaje de ingesta*)
Niños filipinos[1]							
Arroz de contenido proteico alto	8	1,2-2,0	11,0	3,4	250	60,0	23,4
Arroz de contenido proteico medio	8	1,2-2,0	7,2	3,9	250	66,2	26,9
Niños peruanos[2]							
Arroz de contenido proteico alto	8	1,0-1,5	11,0	3,4	240	64,9	23,0
Arroz de contenido proteico medio	8	1,0-1,5	7,2	3,8	240	66,6	28,6

[1] Primera dieta caseínica: 76,8 por ciento de digestibilidad aparente y 30,8 por ciento de retención aparente (Roxas, Intengan y Juliano, 1979).
[2] Primera dieta caseínica: 86,1 por ciento de digestibilidad aparente y 35,2 por ciento de retención aparente (MacLean *et al.*, 1978).

producían un aumento de la retención aparente de N en los adultos con dietas a base de arroz del 3,6 al 11,7 por ciento (Clark, Howe y Lee, 1971) y de pescado-arroz del 27,7 al 29,8 por ciento (Roxas, Intengan y Juliano, 1975), y en niños con dietas a base de arroz-frijol mungo del 21,6 al 31,6 por ciento (Roxas, Intengan y Juliano, 1976) (Cuadro 33).

Los ensayos de alimentación a largo plazo en centros infantiles de la India y de Filipinas han demostrado que la sustitución del arroz elaborado de contenido proteico medio (6-7 por ciento) por una cantidad igual de arroz elaborado de alto contenido proteico (10 por ciento) en la alimentación infantil ha mejorado el crecimiento, siempre que otros elementos nutricionales, como el zinc, no se hayan convertido en reductores (Pereira, Begum y Juliano, 1981; Roxas, Intengan y Juliano, 1980). La falta de respuesta en altura o peso por parte de los niños indios que no tuvieron un complemento vitamínico-mineral puede haberse debido a una deficiencia de zinc y otros minerales y de vitaminas con una ingesta proteínica mayor.

CUADRO 33

Efecto de la sustitución de arroz de contenido proteico medio con arroz de contenido proteico alto en el balance de nitrógeno de varias dietas

Sujetos y dieta	Número de sujetos	Contenido proteico del arroz (*porcentaje N × 6,25*)	Ingesta diaria de N (*mg/kg de peso corporal*)	Retención diaria de N (*mg/kg de peso corporal*)	Digestibilidad aparente de N (*porcentaje*)	Retención aparente de N (*porcentaje*)	Contenido de lisina (*g/16 g N*)
Adultos[1]							
Arroz de contenido proteico medio	7	7,8	98,1	3,5	76,9	3,6	3,8
Arroz de contenido proteico alto	6	14,5	172,7	20,2	78,0	11,7	3,1
Niños en edad preescolar[2]							
Arroz de contenido proteico medio/ pescado	12	7,7	187,1	51,8	72,9	27,7	5,4
Arroz de contenido proteico alto/ pescado	11	11,9	254,2	75,7	76,5	29,8	4,7
Arroz de contenido proteico medio/ frijol mungo	4	7,5	197	42	67,0	21,6	4,9
Arroz de contenido proteico alto/ frijol mungo	4	11,4	256	81	75,0	31,6	4,4

[1] Clark, Howe y Lee, 1971.
[2] Arroz elaborado:filete de barbero (*Acantharus bleakeri*), 100:17 en peso, (Roxas, Intengan y Juliano, 1975); arroz elaborado:frijol mungo sin vaina (*Vigna radiata* [L.] Wilczek), 100:18,6 en peso, (Roxas, Intengan y Juliano, 1976).

INDICE GLICEMICO, DIGESTIBILIDAD DEL ALMIDON Y ALMIDON RESISTENTE

El índice glicémico, basado en el aumento respectivo de la glucosa del plasma a las tres horas de ingerir un carbohidrato, con pan blanco o glucosa como 100 por ciento, ha servido como guía para las dietas de la diabetes mellitus no insulinodependiente (DMNID). Los arroces glutinosos y de bajo contenido de amilosa tenían unos índices glicémicos superiores a los arroces de amilosa intermedia y alta (Goddard, Young y Marcus, 1984; Juliano y Goddard, 1986; Jiraratsatit *et al.*, 1987; M.I. Prakoso, comunicación perso-

CUADRO 34

Indice glicémico del arroz elaborado y de sus productos cocidos de diverso contenido de amilosa en sujetos normales y con diabetes mellitus no insulinodependiente (DMNID) (porcentaje)

Sujetos	Glutinoso (0-2 por ciento)	Gachas, glutinoso	Bajo contenido de amilosa (10-20 por ciento)	Contenido medio de amilosa (20-25 por ciento)	Elevado contenido de amilosa (>25 por ciento)	Tallarines de elevado contenido de amilosa	Arroz sancochado de elevado contenido de amilosa	Fuente
Normal, Estados Unidos[1]	96a[5]	–	93a	81b	60c	–	–	Juliano y Goddard, 1986
Normal, Indonesia[2]	87	96	–	52	53, 70[6]	78, 82	–	Prakoso, (inédito) 1986-90
Normal y DMNID, Canadá y Filipinas[2]	116c	–	–	–	61a,[6] 72ab,[7] 84-91bc[8]	58-66a[8]	66a[8]	Panlasigui, 1989
DMNID, Tailandia[2]	75a	–	71a	–	–	53-55b	–	Juliano *et al.*, 1989a
Normal y DMNID, Tailandia[3]	(100a)	–	(87a)	–	–	–	–	Jiraratsatit *et al.*, 1987
DMNID, Taiwan[4]	118a	124a	111a	–	–	110a	–	Tsai *et al.*, 1990

[1]Indice glicémico sobre la base de la respuesta a la insulina.
[2]Indice glicémico sobre la base de la respuesta a la glucosa, con bebida de glucosa como 100 por ciento.
[3]Los dos índices glicémicos son valores relativos sobre la base de arroz glutinoso como 100 por ciento.
[4]Indice glicémico sobre la base de pan blanco como 100 por ciento.
[5]Las letras se refieren al test de escalas múltiples de Duncan (1955). Los valores de la misma columna seguidos por la misma letra no son muy diferentes al nivel del 5 por ciento.
[6]Arroz rojo.
[7]TG intermedia.
[8]TG baja.

nal, 1990; Tanchoco *et al.*, 1990), (Cuadro 34). La elaboración, como el sancochado y la confección de tallarines, suele reducir el índice glicémico del arroz, especialmente de los arroces de amilosa alta e intermedia (Panlasigui, 1989; Wolever *et al.*, 1986). En cambio, Tsai *et al.* (1990) señalaron que el arroz glutinoso, las gachas de arroz, el arroz hervido y los tallarines de arroz tienen unos índices glicémicos análogos a los del pan blanco en pacientes de DMNID. Entre los arroces de alto contenido de amilosa, el IR42 de TG baja y de gel duro tenía un índice glicémico superior al IR36 e IR62 de TG intermedia y de gel más blando (Panlasigui, 1989). En cambio, Srinivasa Rao (1970) señaló que la ingestión de IR8 de gel duro daba lugar a un nivel máximo de glucosa de plasma que era inferior al del Hamsa de gel más blando; ambos son de alto contenido de amilosa y de TG baja.

Se ha formulado la hipótesis de que el consumo prolongado de arroz elaborado con empobrecimiento de fibra es diabetogénico debido a su bajo contenido de fibra soluble (0,1-0,8 por ciento), especialmente a temperaturas mínimas superiores a 15°C (Trowell, 1987). Se señala que el almidón enzimorresistente queda afectado por el tratamiento, especialmente en autoclave, y actúa como fibra dietética soluble en el intestino grueso y puede tener un efecto hipocolesterolémico (Englyst, Anderson y Cumming, 1983). Sin embargo, los valores señalados para el almidón enzimorresistente van de casi 0 al 0,3 por ciento (Englyst, Anderson y Cummings, 1983; Holland, Unwin y Buss, 1988). *In vitro*, los valores son del 0 por ciento para el arroz glutinoso crudo y cocido y de menos del 1 por ciento para el arroz no glutinoso crudo y los tallarines de arroz, pero del 1,5-1,6 por ciento para el arroz no glutinoso cocido, incluido el arroz sancochado. Los valores bajos pueden referirse al hecho de que el arroz se cuece como grano entero, lo que impide la asociación amilácea extensa. Un arroz elaborado crudo, arroz mutante sobre la base de IR36 con extensor de amilosa, arrojaba un 1,8 por ciento de almidón resistente *in vitro*. Debido a la importancia del arroz sancochado en Asia meridional, en el Instituto Nacional de Ciencia Animal de Foulum, Dinamarca, se está determinando el almidón enzimorresistente de variedades IR que difieren en su contenido de amilosa, empleando para ello antibióticos que suprimen la fermentación del almidón resistente en el intestino posterior (Björck *et al.*, 1987). El almidón resistente fue mayor en

los arroces cocidos de TG intermedia que en los arroces de TG baja, y aumentó con el sancochado (B.O. Eggum, datos inéditos). En el almidón resistente *in vitro* obtenido de arroces cocidos empleando pululanasa y β–amilasa se caracterizó por ser esencialmente amilosa (90-96 por ciento de límites de β–amilólisis), con 55-65 unidades de glucosa (IRRI, 1991b), como ya se ha señalado anteriormente para el almidón de trigo y maíz (Russell, Berry y Greenwell, 1989).

La fermentación anaeróbica microbiana del almidón resistente en el intestino grueso produce lactato, ácidos grasos de cadena corta (acetato, propionato y butirato), dióxido de carbono e hidrógeno. Los ácidos grasos se absorben de la luz intestinal pasando a las células epiteliales del colon y proporcionan un 60-70 por ciento de la energía de que se habría dispuesto si el carbohidrato hubiese sido absorbido como glucosa en el intestino delgado (Livesey, 1990). Por lo tanto, la digestión completa del almidón de arroz glutinoso o no, cocido, en los niños de pecho (De Vizia *et al.*, 1975; MacLean *et al.*, 1978) y del arroz crudo en ratas en crecimiento (El-Harith, Dickerson y Walter, 1976; Eggum, Juliano y Maniñgat, 1982; Pedersen y Eggum, 1983) incluye el almidón resistente fermentado en el intestino grueso o intestino posterior. La prueba del hidrógeno de respiración en niños de aldeas de Myanmar de 1 a 59 meses de edad registró un alto dominio de una absorción de los carbohidratos del arroz (66,5 por ciento) (Khin-Maung-U *et al.*, 1990a). Aproximadamente la mitad de los niños se encontraban en un estado de subalimentación corriente con malnutrición precedente, pero no se registró diferencia alguna entre niños con mala absorción de carbohidratos de arroz o sin ella (Khin-Maung-U *et al.*, 1990b). Levitt *et al.* (1987) señalaron que el arroz quedaba casi totalmente absorbido por los pacientes adultos sanos y sólo provocaba un aumento mínimo en la excreción de hidrógeno si se comparaba con la avena, el trigo entero, el maíz, las papas o los frijoles cocidos.

OTRAS PROPIEDADES

El arroz sancochado o precocido, las gachas de arroz en polvo (Molla, Ahmed y Greenough *et al.*, 1985), el agua de arroz (Wong, 1981; Rivera *et al.*, 1983), y el arroz cocido por extrusión (Tribelhorn *et al.*, 1986) han sido

todos ellos utilizados eficazmente para el tratamiento de la diarrea no infecciosa puesto que el almidón tiene una osmolalidad inferior a la glucosa. Incluso la elevada concentración de 80 g de arroz por litro en una solución de rehidratación oral es bebible por pacientes y es muy eficaz, proporcionando el cuádruple de energía que la solución normal de glucosa para rehidratación oral (20 por ciento) (Molla, Ahmed y Greenought, 1985).

El consumo de alimentos a base de cereales, en particular del arroz, se ha correlacionado con la caries dental (Bibby, 1985). Los odontólogos están de acuerdo en que la caries dental es el resultado de la desmineralización de los dientes por ácidos producidos en su superficie cuando fermentan las bacterias procedentes de carbohidratos. El hervido, la cocción por presión y la cocción por extrusión aumentan la acidificación del almidón en la placa dental. El fitato es un factor protector del esmalte, junto con los aminoácidos, fosfatos y lípidos, etc. El refinado elimina los factores anticaries de los alimentos que contienen arroz y aumenta su cariesgenicidad. La inclusión en la alimentación humana de salvado de arroz o de extracto de arroz en agua caliente tiene una acción preventiva contra la caries (Ventura, 1977).

Existe la creencia popular de que algunas variedades de arroz gozan de propiedades medicinales, como la variedad de Myanmar denominada Na ma tha lay. También los chinos creen que el arroz negro tiene un elemento fortificante del organismo y un valor farmacéutico, tanto que se le conoce como «arroz enriquecedor de la sangre», «arroz medicina» o «arroz contributivo» (Li y Lai, 1989). El arroz negro, tiene 3 mg de vitamina C y 0,2 mg de riboflavina por 100 g de arroz y contiene más hierro, calcio y fósforo que el arroz no pigmentado. En Kerala, India, se considera que la variedad Navara tiene propiedades medicinales, empleándose para rejuvenecer los nervios en los casos de parálisis: la oridina, un alcaloide presente en el arroz, tiene algunas propiedades antineuróticas en estado impuro (Chopra, 1933).

Los pigmentos de antocianina del arroz rojo, «tapol», extraídos con etanol al 95 por ciento con 0,1 por ciento de ácido clorhídrico, son un 70 por ciento de cianidina-3-glucósido (crisanteminas), un 12 por ciento de peonidin-3-glucósido (oxicoccicianinas) y otros dos pigmentos de antocianina (Takahashi *et al.*, 1989). Los arroces pardos o integrales pigmentados han resultado tener un mayor contenido de riboflavina pero un contenido

análogo de tiamina que los arroces IR no pigmentados (Villarreal y Juliano, 1989a). Los contenidos totales de carbohidratos y almidón de los arroces rojos elaborados resultaban inferiores a los del arroz elaborado no pigmentado (Srinivasa Rao, 1976), lo cual se debía probablemente al mayor contenido de proteína y a sustancias residuales fenólicas con una elaboración del 7 por ciento en la India. Al igual que el arroz pardo, el púrpura Perurutong tenía una UNP inferior en las ratas en crecimiento (59,1 por ciento), que el arroz rojo (66,6 por ciento) y el pardo no pigmentado (66,7-70,6 por ciento) a causa de la digestibilidad real sumamente reducida de su proteína (72,4 por ciento), y ello a causa del alto grado de sustancias fenólicas (antocianina) en el Perurutong (0,62 contra 0,01-0,25 por ciento) (Eggum, Alabata y Juliano, 1981). Estas diferencias quedan eliminadas con la elaboración, que elimina la mayoría de los pigmentos.

Se hallaron diferencias varietales en los niveles de cadmio (Cd) de plántulas de arroz pardo cultivadas en Tsukuba, Japón, trasplantadas a partir de junio de 1983 y 1985; se encontró que cinco arroces índica semienanos tenían 24-74 ppb Cd, frente a 2-27 ppb Cd para las variedades japónica, y 4-56 ppb Cd para las variedades índica no enanas (Morishita *et al.*, 1987). El contenido medio de Cd en el arroz de varios países variaba de 5 a 99 ppb en húmedo y fue máximo en Hokuriku, Japón; la ingesta diaria de Cd procedente del arroz variaba de 1 a 36 µg y fue máxima también en Hokuriku, dándose el mismo valor en la Isla Célebes, Indonesia, donde el contenido de Cd en el arroz fue menor pero la ingesta mayor (Rivai, Koyama y Suzuki, 1990). Un alto contenido de cadmio en el arroz fue una de las causas principales de una epidemia de «itai-itai» en el Japón (Kitagishi y Yamane, 1981).

De los análisis realizados en alimentos de animales de 1979 a 1982 ha resultado que existen deficiencias de selenio (Se) en esos alimentos en el 70 por ciento de las regiones de China, en donde un 80 por ciento de los alimentos y forrajes tienen menos de 0,50 ppm de Se (Liu, Lu y Su, 1985). El contenido de Se en el arroz integral o pardo y en el arroz elaborado que se cultiva en el Japón es de 30-40 mg/g (Noda, Hirai y Dambara, 1987). La distribución de Se es 13 por ciento en la cáscara, 15 por ciento en el salvado y 72 por ciento en el arroz elaborado (Ferretti y Levander, 1974).

El contenido de silicio (Si) del arroz elaborado resultó ser del 0,046 ± 0,030 por ciento para seis arroces de los Estados Unidos (Kennedy y Schelstraete, 1975) y se demostró que se hallaba principalmente en la capa exterior del arroz elaborado. En recientes datos sobre Si procedentes de una espectrometría de fluorescencia con rayos X de dispersión de energía se registraba el contenido medio de Si (en húmedo) de siete arroces IR como 0,041 ± 0,016 por ciento para el arroz integral o pardo y 0,015 ± 0,009 por ciento para el arroz elaborado (Villarreal, Maranville y Juliano, 1991). El ensayo colorimétrico de Si mediante fosfomolibdato arrojaba que, para un arroz elaborado IR32 con un 7 por ciento de proteína, el contenido de Si era de 0,035 por ciento en la capa de subaleurona (el 9 por ciento exterior), un 0,014 por ciento en el endosperma mediano (siguiente 11 por ciento) y un 0,009 por ciento para el endospermo interior (restante 80 por ciento) (Juliano, 1985b), equivalente a 0,010 por ciento de Si en el grano entero.

EFECTO HIPOCOLESTEROLEMICO DEL SALVADO DE ARROZ

En hámsters, la adición a la dieta de un 10 por ciento de fibra dietética proveniente de salvado de arroz estabilizado, de salvado de arroz estabilizado y desgrasado y de salvado de avena redujo considerablemente el colesterol en el plasma con respecto al testigo (Kahlon *et al.*, 1990). En los experimentos de repetición, sólo el salvado no desgrasado y el salvado de avena redujeron el nivel de colesterol (Haumann, 1989). El salvado de arroz estabilizado térmicamente, que aporta un 7 por ciento de fibra dietética, redujo el grado de colesterol libre en el hígado, y resultó mejor que el salvado de trigo cuando se combinaba con un 5 por ciento de aceite de pescado, para reducir los triglicéridos sanguíneos y hepáticos y la lipogénesis hepática (Topping *et al.*, 1990). Recientes estudios confirmatorios en seres humanos han demostrado el efecto hipocolesterolémico del salvado de arroz con toda su grasa (Gerhardt y Gallo, 1989; Nicolosi, 1990; Saunders, 1990). Sin embargo, los ensayos de alimentación limitada en los adultos no confirmaron la actividad hipocolesterolémica del salvado de arroz en sujetos japoneses (arroz integral frente al arroz elaborado) (Miyoshi *et al.*, 1987a,1987b) y filipinos (Dans *et al.*, 1987b).

En cambio, el efecto hipocolesterolémico del salvado de avena se debe a

su alto contenido de hemicelulosas solubles. La actividad hipocolesterolémica del aceite de salvado de arroz en hombres y ratas (Raghuram, Brahmaji Rao y Rukmini 1989) se debe a la fracción de materia insaponificable (Suzuki *et al.*, 1962; Sharma y Rukmini, 1986, 1987). El aceite de salvado de arroz redujo el colesterol en la sangre humana de forma más eficaz que los aceites de girasol, maíz y cártamo (Suzuki *et al.*, 1962). Se ha señalado también que una fracción de polisacáridos en el salvado tiene un efecto hipocolesterolémico en las ratas (Vijayagopal y Kurup, 1972). El efecto hipocolesterolémico de la hemicelulosa del salvado de arroz (salvado de arroz desgrasado) (Ayano *et al.*, 1980) se debía a la reducción de la absorción del colesterol alimentario en el intestino delgado de las ratas (Aoe, Ohta y Ayano, 1989).

FACTORES ANTINUTRICIONALES

Los factores antinutricionales en el grano de arroz se concentran en la parte del salvado (embrión y capa de la aleurona). Incluyen fitina (fitato), inhibidor de la tripsina, orizacistatina y hemaglutinina-lectina. Todos estos elementos, salvo la orizacistatina, han sido ya examinados anteriormente (Juliano, 1985b).

Todos los factores antinutricionales son proteínas y todos ellos, salvo la fitina (fitato) están sujetos a la desnaturalización térmica. La fitina se halla localizada en globoides de 1-3 µm en los compuestos proteínicos de la aleurona y del embrión como la sal de magnesio y potasio. Sus grupos fosfatados pueden fácilmente combinarse con cationes como el calcio, zinc e hierro y con las proteínas. Es estable al calor y a él se debe el equilibrio mineral más pobre que se observa en los sujetos alimentados con arroz integral en comparación con los alimentados con arroz elaborado (Miyoshi *et al.*, 1987a, 1987b).

También se ha aislado del salvado de arroz el inhibidor de la tripsina y se ha caracterizado (Juliano, 1985b). El inhibidor parcialmente purificado es estable con un pH ácido o neutral, y retiene más del 50 por ciento de su actividad después de 30 minutos de incubación a 90°C y con un pH de 2 y de 7. Hirviendo el salvado de arroz durante 6 minutos a 100°C se inactiva el inhibidor de la tripsina, mientras que el calentado en seco a 100°C por un

tiempo de hasta 30 minutos no es tan eficaz. La distribución del inhibidor es de un 85-95 por ciento en el embrión, de un 5-10 por ciento en el salvado sin germen, y nada en el arroz elaborado.

Las hemaglutininas (lectinas) son globulinas que aglutinan las células de los glóbulos rojos de los mamíferos y precipitan los glicoconjugados o polisacáridos. La toxicidad de las lectinas se debe a su capacidad de fijar receptáculos de carbohidratos específicos en las células de la mucosa intestinal e interferir con la absorción de nutrientes a través de la pared intestinal. La lectina del salvado de arroz se fija expresamente en la 2-acetamido-2-deoxi-D-glucosa (Poola, 1989). Es estable durante 2 horas a 75°C pero pierde bruscamente su actividad al cabo de 30 minutos a 80°C ó 2 minutos a 100°C (Ory, Bog-Hansen y Mod, 1981). La lectina del arroz aglutina los eritrocitos humanos de los grupos A, B y O. La lectina del arroz se halla localizada en el embrión pero tiene receptores tanto en el embrión como en el endospermo (Miao y Tang, 1986).

La orizacistatina es un inhibidor (cistatina) de la proteinasa de cisteína proteinácea (globulina) procedente de la semilla de arroz y es probablemente el primer miembro de la superfamilia de la cistatina bien definido de origen vegetal (Kondo, Abe y Arai, 1989). Su incubación a un pH 7 durante 30 minutos a 100°C no surtió efecto en su actividad pero la inhibición se redujo del 15 por ciento a 110°C y del 45 a 120°C. Inhibió eficazmente las proteinasas de cisteína como la papaína, la ficina, la quimopapaína y la catepsina C pero no tuvo efecto en las proteinasas de la serina (tripsina, quimotripsina y subtilisina) y en la proteinasa de los carboxilos (pepsina).

Una proteína alergénica del grano de arroz que provoca dermatitis atópica relacionada con el arroz en el Japón es una α-globulina, que muestra una inmunorreactividad estable (60 por ciento), incluso cuando se calienta durante 60 minutos a 100°C (Matsuda *et al.*, 1988). Se halla presente principalmente en el arroz elaborado antes que en el salvado. Los granos de arroz hipoalergénicos pueden prepararse incubando arroz elaborado en actinasa para hidrolizar las globulinas en presencia de un agente superficiactivo a un pH alcalino (Watanabe *et al.*, 1990a) y lavando. El color del grano elaborado mejoró tratándolo con ácido clorhídrico 0,5 N y lavándolo con agua (Watanabe *et al.*, 1990b).

NECESIDADES PROTEICAS EN LAS DIETAS A BASE DE ARROZ EN NIÑOS DE EDAD PREESCOLAR Y ADULTOS

El nivel de seguridad de ingesta proteínica diaria en niños filipinos de edad preescolar que se alimentan con dietas a base de arroz (medido por el método de balance de N plurinivel o de proporción de escala, 2/3 N procedentes de arroz) es inferior para las dietas de arroz-leche (1,11 g/kg de peso corporal) y de arroz-pescado (1,18 g/kg) que para las de arroz-frijol mungo (1,34-1,56 g/kg) y de arroz (1,44 g/kg) (Intengan *et al.*, 1984; Cabrera-Santiago *et al.*, 1986). Las digestibilidades reales fueron del 70-78 por ciento. Los porcentajes de aminoácidos de estas dietas de destete de niños filipinos sobre la base de un 5,8 por ciento de lisina como 100 por ciento fueron del 100 por ciento para el arroz-pescado, del 93 para el arroz-leche, del 90 para el arroz-frijol mungo, del 81 para el arroz-frijol mungo tostado y desgranado, y del 60 para el arroz IR58. La calidad proteínica del arroz IR58 rico en proteína, determinada por el índice de balance de N a cortísimo plazo en tres niños, fue del 79-80 por ciento con respecto a la leche (Cabrera-Santiago *et al.*, 1986). Con respecto al nivel de seguridad de ingesta proteínica de la leche, un 0,89 g/kg de peso corporal (Huang, Lin y Hsu, 1980), el arroz IR58 poseía un 62 por ciento de la calidad proteínica de la leche. El tostado y desgranado del frijol mungo antes de su hervido no mejoraba notablemente la alimentación a base de arroz-frijol mungo, y ello debido a la descomposición de los aminoácidos durante el tostado (Eggum *et al.*, 1984). La digestibilidad real de las alimentaciones a base de arroz-frijol mungo (2:1 en peso) en los niños tailandeses fue del 72,7 ± 6,1 por ciento para el frijol mungo entero y del 74,6 ± 5,9 para el frijol mungo desgranado (Hussain, Tontisirin y Chaowanakarnkit, 1983).

Se llevaron a cabo estudios a largo plazo en niños de edad preescolar, comprobando las ingestas proteínicas derivadas de estudios a corto plazo, en dos tipos de alimentación de destete a base de arroz-pescado a un nivel de ingesta de proteínas de 1,7 g/kg/día (Tontisirin Ajmanwara y Valyasevi, 1984; Cabrera *et al.*, 1987). Los resultados tienden a indicar que, en el nivel de 1,7 g/kg/día, la ingesta energética actualmente recomendada de 100 kcal/kg/día no basta para el crecimiento, pero hacen falta más investigaciones empleando más sujetos. El nivel de seguridad de ingesta proteínica calcu-

CUADRO 35

Composición y valor nutritivo de las fracciones de elaboración de arroz integral IR32 al 14 por ciento de humedad

Fracción	Proteína cruda (*por ciento N × 6,25*)	Fibra neutro-detergente (*porcentaje*)	Grasa cruda (*porcentaje*)	Ceniza cruda (*porcentaje*)	Proteína total (*porcentaje*)	Valor energético (*kJ/g*)	Lisina (*g/16 g N*)	Amino-ácidos (*porcentaje*)
Arroz integral	8,7	2,6	2,4	0,8	0,14	15,9	3,8	66
Arroz semielaborado	8,5	1,8	1,5	0,6	0,14	15,7	3,6	62
Arroz elaborado	8,3	0,8	0,7	0,4	0,08	15,5	3,6	62
DEM	0,2	0,3	0,4	0,3	0,06	ne	0,1	

Fuente: Eggum, Juliano y Maniñgat, 1982.

lado para un niño de 6 a 9 meses es de 1,75 g/kg/día para los niños de países en desarrollo, donde están expuestos a infecciones y tal vez a escaseces periódicas de alimentos (OMS, 1985).

Los niveles de seguridad de ingesta proteínica para la alimentación de adultos a base de arroz tanto para sujetos chinos (Chen *et al.*, 1984, Huang y Lin, 1982) como filipinos (Intengan *et al.*, 1976) oscilaban de 1,14 a 1,18 g/kg/día. En cambio, los niveles de seguridad para las proteínas de huevo en adultos eran de 0,89 g/kg/día (Huang y Lin, 1982) y de 0,99 g/kg/día (Tontisirin, Sirichakawal y Valyasevi, 1981), respectivamente. El valor agregado para proteína de buena calidad y muy digerible en jóvenes saludables es de 0,63 g/kg/día (OMS, 1985). Partiendo de esta base, las dietas de arroz proporcionaban del 68 al 98 por ciento de la calidad proteínica de las proteínas de referencia. Se ha estimado que la UNP relativa de la proteína de arroz en adultos japoneses con arreglo al método escalar es del 65 por ciento de la proteína de huevo (Inoue *et al.*, 1981) mientras que en China se ha señalado una UNP del 56 por ciento para una dieta de huevo y del 43 por ciento para una dieta de arroz (Huang y Lin, 1982).

Estudios a largo plazo (de 50-90 días) en adultos para comprobar los niveles de ingesta de proteínas derivados de estudios a corto plazo demostraron que las ingestas de proteínas de 0,94-1,23 g/kg/día, con ingestas de energía de 37-63 kcal/kg/día, eran suficientes para los adultos chilenos,

CUADRO 36

Datos de balance para fracciones de elaboración de arroz integral IR32 en cinco ratas en crecimiento[1]

Fracción	Energía digerible *(porcentaje del total)*	Digestibilidad real *(porcentaje de ingesta de N)*	Valor biológico *(porcentaje de N digerido)*	Utilización neta de la proteína *(porcentaje de ingesta de N)*
Arroz integral	94,3b	96,9b	68,9ab	66,7a
Arroz semielaborado	95,5ab	97,3ab	69,7a	67,8a
Arroz elaborado	96,6a	98,4a	67,5b	66,4a

[1]Las medias de la misma columna seguidas por la misma letra no son muy diferentes al nivel del 5 por ciento según el test de escalas múltiples de Duncan (1955).
Fuente: Eggum, Juliano y Maniñgat, 1982.

chinos, filipinos, coreanos y tailandeses (Intengan *et al.*, 1982; Rand, Uauy Scrimshaw, 1984). El cómputo de aminoácidos para la dieta de arroz en los filipinos era del 100 por ciento (Intengan *et al.*, 1982) según el modelo OMS/FAO/UNU (OMS, 1985) de aminoácidos para niños de edad preescolar. Se calculaba que las dietas de arroz eran suficientes en lisina (Autret *et al.*, 1968). La digestibilidad real calculada de las proteínas iba del 80 al 87 por ciento para las dietas de arroz. Sobre la base de 0,75 g de proteína de buena calidad como nivel de seguridad de ingesta proteínica (OMS, 1985), las dietas de arroz verificadas tenían de 61 a un 80 por ciento de la calidad de las proteínas animales de referencia. La digestibilidad parece ser el factor más importante a la hora de determinar la capacidad de las fuentes proteínicas en una dieta combinada habitual para cubrir las necesidades de proteína de los adultos (OMS, 1985). Por lo tanto, debido a su nivel relativamente elevado de aminoácidos azufrados y de un 3,5-4,0 por ciento de lisina en la proteína, el arroz elaborado complementa las proteínas de leguminosas ricas en lisina y deficientes en aminoácidos azufrados en la alimentación humana, con un cómputo de aminoácidos mayor que en la alimentación sólo con arroz o leguminosas.

CUADRO 37

Datos de balance para fracciones de elaboración de arroz integral IR32 en cinco niños de edad preescolar (porcentaje de ingesta)[1] [2]

Fracción	Absorción aparente de N	Retención aparente de N	Absorción aparente de energía	Absorción aparente de energía
Arroz integral	63a	28a	90b	93b
Arroz semielaborado	63a	26a	90b	96ab
Arroz elaborado	62a	27a	93a	98a

[1] Las medias de la misma columna seguidas por la misma letra no son muy diferentes al nivel del 5 por ciento según el test de escalas múltiples de Duncan (1955)

[2] Ingesta de 200 g N/kg de peso corporal diario. La primera dieta de arroz-caseína (proporción de 2:1 de N) tenía una absorción media de N del 77 por ciento (b), una absorción de N del 33 por ciento (a), una absorción de energía del 91 por ciento (ab) y una absorción de grasa del 94 por ciento (b).

Fuente Santiago *et al.*, 1984

UTILIZACION DE PROTEINAS, ENERGIA Y MINERALES EN LOS ARROCES INTEGRALES Y ELABORADOS Y EN LAS DIETAS A BASE DE ARROZ

La FAO, la OMS y la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) han examinado las conclusiones de las investigaciones sobre necesidades energéticas y proteicas empleando para ello dietas características de los países en desarrollo (Torún, Young y Rand, 1981, Rand, Uauy y Scrimshaw, 1984).

En comparación con el arroz elaborado, el arroz integral o pardo tiene un contenido mayor de proteína, minerales y vitaminas y un contenido superior de lisina en su proteína (Resurrección, Juliano y Tanaka, 1979; Eggum, Juliano y Maniñgat, 1982) (Cuadro 35); sin embargo, tiene también un nivel menor de fitina, de fibra neutrodetergente y de factores antinutricionales en la fracción del salvado (inhibidor de la tripsina, orizacistatina, hemaglutinina). Los estudios sobre balance de nitrógeno en las ratas han demostrado una digestibilidad real algo inferior de las proteínas del arroz integral, pero un valor biológico y una UNP análogos para los arroces integral y elaborado (Eggum, Juliano y Maniñgat, 1982) (Cuadro 36). El arroz integral IR480-5-9 (con un 10,9 por ciento de proteína) tenía una digestibilidad real del 90,8 por ciento, un valor biológico del 70,8 por ciento y una UNP del 64,2 por ciento (Eggum y Juliano, 1973). La energía digerible es inferior en el arroz

CUADRO 38

Digestibilidad y balance de nitrógeno de cinco hombres alimentados con arroz integral y arroz elaborado con una ingesta de proteínas baja y normal[1,2] (media ± DE)

Dieta	Ingesta de fibra neutrodetergente (*g/día*)		Digestibilidad aparente de energía (*porcentaje*)	Digestibilidad aparente de proteína (*porcentaje*)	Digestibilidad real de proteína (*porcentaje*)	Digestibilidad aparente de grasa (*porcentaje*)	Balance de nitrógeno (*g/día*)	Tiempo de transición (*h*)
	total	del arroz						
Ingesta de proteínas baja/ arroz integral	13.9	13.9	89.8 ± 0.9b	48,4 ± 3.8c	63.8 ± 3.6a	76.8 ± 3.7b	-1.09 ± 0,33c	24.0 ± 1.9b
Ingesta de proteínas baja/ arroz elaborado	5.7	5,7	96.0 ± 0.3a	68,0 ± 3.5b	83,2 ± 3,5ab	94,9 ± 0.4a	-0.71 ± 0.29bc	26.2 ± 5.2ab
Ingesta de proteínas normal/ arroz integral	31,4	23.2	89,3 ± 1.2b	72.7 ± 2.1b	80.2 ± 2.1b	74,1 ± 1,7b	-0.02 ± 0,27a	27,1 ± 0.5a
Ingesta de proteínas normal/ arroz elaborado	15,4	7.2	94.4 ± 0,5a	79.6 ± 1.3a	86.6 ± 1,4a	94,7 ± 0,7a	-0,38 ± 0.19ab	28,1 ± 0.6a

[1] Ingesta de proteínas baja: 0,5 g/kg de peso corporal; normal: 1,2 g/kg de peso corporal.
[2] Las medidas de la misma columna seguidas por la misma letra no son muy diferentes al nivel del 5 por ciento según el test de escalas múltiples de Duncan (1955).
Fuente. Miyoshi *et al.*, 1986, 1987a, 1987b.

integral que en el arroz elaborado. La digestibilidad de la grasa era del 95,8 ± 0,5 por ciento para el arroz elaborado y del 95,0 ± 0,4 para el arroz integral (Miyoshi, Okuda y Koishi, 1988). La digestibilidad de las proteínas era del 95,3 ± 0,7 por ciento para el arroz elaborado y del 94,1 ± 0,5 para el arroz integral.

Los estudios de balance de N en las ratas para el arroz cáscara italiano y el salvado, arrojaban una energía digerible del 80,1 por ciento para el primero y del 67,4 por ciento para el segundo; para el arroz cáscara, la digestibilidad del N era del 87,8 por ciento, el valor biológico del 72,6 por ciento y la UNP del 63,7 por ciento (Pedersen y Eggum, 1983). Para el salvado de arroz IR32 (5,8 por ciento de lisina), la energía digerible era del 67,4 por ciento, la digestibilidad del N del 78,8 por ciento, el valor biológico del 86,6 por ciento y la UNP del 68,3 por ciento (Eggum, Juliano y Maniñgat, 1982). Los valores correspondientes para el polvo de arroz (5,0 por ciento de lisina) eran del 73,3 por ciento de energía digerible, 82,5 por ciento de digestibilidad aparente del N, 86,3 por ciento de valor biológico y 71,2 por ciento de UNP. El polvo de salvado de arroz de IR32 con un 13,2 por ciento de proteínas (4,4 g de lisina/16 g N) y un 15,4 por ciento de grasa, dado a ratas en crecimiento, tenía un 79,1 por ciento de energía digerible, un 85,9 por ciento de digestibilidad real del N, un 81,1 por ciento de valor biológico y un 69,7 por ciento de UNP (Eggum *et al.*, 1984). Incluso con una mezcla mineral en su alimentación, las ratas alimentadas con arroces cáscara, integral y semielaborado no podían mantener su concentración de zinc en el fémur; parece también que resulta afectada la deposición de calcio y fósforo (Pedersen y Eggum, 1983).

Se llevaron a cabo estudios análogos de balance de N con arroces integrales y elaborados en niños en edad preescolar alimentados con arroz-caseína o arroz-leche (razón de 2:1 de N) (Santiago *et al.*, 1984) (Cuadro 37). La absorción de energía resultó mejor en el arroz elaborado que en el arroz integral y semielaborado. Debido a su balance análogo de N, la principal ventaja nutricional del arroz integral sobre el arroz elaborado es su alto nivel de vitaminas B. Roxas, Loyola y Reyes 1978 señalaron que la digestibilidad real de una dieta de arroz-leche (1:1 de N) en niños de edad preescolar mejoraba con la elaboración: en el arroz integral-leche, un 78 ± 5 por ciento;

en el arroz semielaborado-leche, un 85 ± 5 por ciento; en el arroz medianamente elaborado-leche, un 87 ± 4 por ciento; y en el arroz superelaborado-leche, un 88 ± 4 por ciento, quedando la dieta de arroz integral muy por debajo en la digestibilidad de las proteínas respecto de las otras dietas.

Los estudios sobre digestibilidad y balance en los adultos japoneses alimentados con arroz integral y arroz elaborado, con unas ingestas de proteína baja (0,5 g/kg) y normal (1,2 g/kg), arrojaron una digestibilidad mayor de la energía, la proteína y la grasa para el arroz elaborado (Miyoshi *et al.*, 1986) (Cuadro 38). La ingesta de fibra neutrodetergente fue al menos el doble de alta en la dieta de arroz integral. Estos resultados guardan coherencia con los datos procedentes de estudios sobre niños y en ratas. Los estudios sobre absorción y balance mineral en los mismos sujetos arrojaron un índice inferior de absorción aparente por lo que respecta al sodio, al potasio y al fósforo y un balance menor de fósforo para la dieta de arroz integral con una ingesta de proteínas baja (Miyoshi *et al.*, 1987a), al reajustarse la ingesta mineral para que fuera análoga en las dos dietas agregando una mezcla de minerales. En la ingesta de proteínas normal, incluso con unos niveles mayores de potasio, fósforo, calcio y magnesio en la dieta de arroz integral, los índices de absorción del potasio y del fósforo eran considerablemente inferiores todavía para la dieta de arroz integral (Miyoshi *et al.*, 1987b). El factor determinante debe ser el alto nivel de fitato en la parte de salvado (aleurona y germen) del arroz integral. Los resultados confirmaron anteriores estudios de balance en que se comparaban los arroces integral y elaborado (FAO, 1954).

Capítulo 5

Tratamiento postcosecha, sancochado o precocción y preparación doméstica

Entre los granos de una misma panícula se da una gran variación en cuanto al contenido de humedad, pues las panículas florecen y se desarrollan de arriba a abajo. El peso del grano suele ser menor y el contenido proteico mayor en las ramificaciones inferiores de una misma panícula. El contenido óptimo de humedad para la recolección varía con la estación, pero suele alcanzarse al mes de la floración. La uniformidad de la floración entre panículas influye en el porcentaje de inmaduros al tiempo de la recolección, habiendo arroces fotosensitivos que tienen una floración más síncrona que las variedades no sensitivas. Los granos inmaduros reducen el rendimiento en arroz entero y dan lugar a granos totalmente yesosos.

La recolección sigue haciéndose casi siempre cortando la panícula y dejándole suficiente tallo para poderla trillar con sistemas manuales. Las panículas se colocan en la era y se secan al sol antes de la trilla manual, el pisado por hombres o animales o la acción de trilladoras mecánicas. Los retrasos en la trilla de la cosecha ya cortada, almacenada en montones, dan lugar muchas veces a «quemaduras de apilamiento», como consecuencia de la respiración anaeróbica de los microorganismos que hay en la paja (70-80 por ciento de humedad) y en el grano. Se forman granos amarillos o de color canela cuando la temperatura de la panícula llega a los 60°C por algunos días (Yap, Pérez y Juliano, 1990). Los granos descoloridos tienen un mejor rendimiento en arroz entero y son más translúcidos que los granos testigo. El mecanismo parece ser el dorado no enzímico (Reilly, 1990), que produce una reducción en el contenido de lisina de la proteína (un 0,5 por ciento) y

en la digestibilidad real hasta un 92 por ciento y en la UNP hasta un 61 por ciento (Eggum *et al.*, 1984).

Cuando se retrasa la recolección en tiempo lluvioso, se suele producir la brotadura del grano en la panícula, especialmente en los arroces japónica no durmientes. El encamado puede también causar la brotadura en la panícula en este tipo de arroces. La incidencia de lluvias fuertes (ciclones) durante la temporada de recolección en la India está correlacionada con la contaminación de la cosecha de arroz por aflatoxinas (Tulpule, Nagarajan y Bhat, 1982; Vasanthi y Bhat, 1990). Las aflatoxinas crean también problemas en la preparación del pinipig, un producto tradicional filipino en el que los granos glutinosos recién recolectados se apilan directamente, sin secarlos, antes de proceder a su tostado y a la confección de copos (FNRI, 1987).

El secado del arroz cáscara ha sido estudiado por Kunze y Calderwood (1985) y Mossman (1986). En el secado se suele utilizar la radiación solar, sobre todo en la temporada seca. La capacidad de secado se halla limitada en la temporada húmeda, cuando se cultiva más arroz debido a la disponibilidad de agua. Los secadores instantáneos son ideales para el secado inicial del arroz cáscara recolectado para reducir el contenido de humedad al 18-20 por ciento, aunque los agricultores asiáticos no han adoptado comúnmente el empleo de secadores mecánicos (Habito, 1987; De Padua, 1988). El agrietado del grano es mínimo por encima de un 18 por ciento de humedad

Trillado manual y aventamiento



(Srinivas y Bhashyan, 1985; IRRI, 1991b). Este secado inicial permitirá un almacenamiento seguro del grano durante 4-5 semanas antes del secado definitivo. En los granos secados con aire caliente a 50°C y almacenados durante 6 a 12 meses se observa la deformación de las esferosomas de la aleurona, todo ello acompañado de una baja en los triglicéridos y fosfolípidos (Ohta *et al.*, 1990).

El agrietado se produce no durante el secado como demuestra el secado al sol, sino cuando el grano excesivamente secado absorbe humedad al enfriarse (Kunze, 1985).

ALMACENAMIENTO

Los cambios por almacenamiento, es decir, el envejecimiento del grano, se producen sobre todo durante los 3-4 primeros meses después de la recolección y se conocen también como «maduración postcosecha» (Juliano, 1985b). Los elementos constitutivos del grano se equilibran probablemente llegando a su forma física más estable, lo que da lugar a un grano más duro de color crema (Yap, Pérez y Juliano, 1990). La maduración después de la cosecha va acompañada de un rendimiento mayor de arroz total y de arroz entero elaborado. El arroz almacenado registra una mayor expansión volumétrica, produce un arroz cocido más graneado y menos sólidos disueltos en el agua de cocción que el arroz recién cosechado. En Asia tropical, se prefiere el arroz añejo y es más caro que el arroz recién cosechado (Juliano, 1985b). El mecanismo exacto de los cambios que se producen por almacenamiento no se conoce con perfección, pero se verifica en todos los alimentos amiláceos. Los cambios por almacenamiento se producen principalmente por encima de 15°C (Juliano, 1985b). En regiones como el Japón y Corea, donde se prefieren los arroces japónica pegajosos, el envejecimiento en la primavera y en el verano reduce la calidad del grano.

El grano de arroz es muy higroscópico debido a su contenido amiláceo y se equilibra con la humedad relativa ambiental. Se suele considerar que el contenido seguro de humedad para el almacenamiento es 14 por ciento en las zonas tropicales. Las plagas de almacén (insectos y microorganismos) y los roedores producen pérdidas tanto de calidad como de cantidad en los granos (Cogburn, 1985). En la composición bruta no influye el almacena-

miento, pero el contenido de vitaminas se reduce progresivamente (Juliano, 1985b).

En la mayoría de las zonas tropicales, el arroz se almacena como arroz cáscara, pero en el el Japón se almacena en forma de arroz integral. El descascarillado con rodillos de caucho reduce al mínimo las magulladuras superficiales del arroz integral y mejora la duración en almacén del grano descascarillado. Sin embargo, el arroz integral es más sensible a los agentes ambientales cuando carece de la cáscara que lo envuelve y lo aísla, y en consecuencia fácilmente se agrieta en el transporte.

SANCOCHADO O PRECOCCION

El procedimiento tradicional de sancochado consiste en poner a remojo el arroz cáscara en agua a temperatura ambiente durante una noche o más tiempo, luego hacer hervir o cocer al vapor a 100°C el arroz remojado para gelatinizar el almidón cuando el grano se expande hasta que la cáscara, la lema y pálea comienzan a separarse (Gariboldi, 1984; Bhattacharya, 1985; Pillaiyar, 1988). El arroz sancochado o precocido se deja luego enfriar y secarse al sol antes de almacenarlo o elaborarlo.

Los métodos modernos consisten en ponerlo a remojo en agua caliente a 60°C, temperatura inferior a la TG del almidón, durante unas cuantas horas para reducir la incidencia de la contaminación por aflatoxinas durante la fase

Método tradicional de sancochado, Bangladesh (foto: N.H. Choudhury)



de remojo. La lixiviación de nutrientes durante el remojo agrava también la contaminación, junto con la práctica de reciclar el agua en que el arroz ha estado a remojo. El remojado del arroz cáscara sano en agua inoculada con *Aspergillus parasiticus* no dio lugar a la contaminación por aflatoxinas del arroz sancochado (Yap *et al.*, 1987), lo que ha llevado a deducir que la contaminación probablemente se presenta en el grano antes del remojado (Bandara, 1985).

Se aplica la vacuoinfiltración para desairear el grano antes de someterlo a remojo presurizado para obtener un producto de buena calidad con el sancochado presurizado. El producto sancochado presenta un color entre crema y amarillo dependiendo de la intensidad del tratamiento térmico. Cuando el arroz es viejo, el arroz sancochado puede presentar un color grisáceo, debido probablemente a un pH inferior del arroz viejo por la presencia de ácidos grasos libres.

El sancochado o precocción gelatiniza los gránulos de almidón y endurece el endospermo haciéndolo translúcido. Los granos yesosos y los que tienen la parte posterior, el vientre o el centro yesoso se vuelven totalmente transparentes con el sancochado. La presencia de núcleos o centros blancos en el arroz sancochado denota un cocimiento incompleto del grano.

El secado en arena calentada da lugar a un sancochado en el caso de la cosecha de la temporada húmeda, que tiene un mayor contenido de humedad, pero no en el caso de la cosecha de la temporada seca. El sancochado da lugar a una difusión hacia dentro de las vitaminas solubles en agua, además de la degradación parcial de la tiamina durante el tratamiento térmico, salvo en el secado con arena calentada (Padua y Juliano, 1974) (Cuadro 39). El contenido de riboflavina no se reduce con el sancochado (Grewal y Sangha, 1990). A pesar de la degradación de la tiamina, el arroz elaborado sancochado resultante tiene un mayor contenido de vitaminas que los arroces elaborados crudos en todos los procedimientos de sancochado ensayados (Padua y Juliano, 1974).

Resultados anteriores han demostrado que las vitaminas B solubles en agua –la tiamina, riboflavina y niacina– abundan más en el arroz sancochado elaborado que en el arroz crudo elaborado (Kik y Williams, 1945). Se observa que el aceite y la proteína se difunden hacia fuera durante el

CUADRO 39

Efecto del método de precocción en el contenido de tiamina y de proteínas

Tratamiento	Número de muestras	Grado de elaboración (*porcentaje*)		Tiamina (µg/g)				Proteína (*porcentaje*)	
				Integral		Elaborado		Elaborado	
		Crudo	Tratado	Crudo	Tratado	Crudo	Tratado	Crudo	Tratado
Tradicional modificado (remojo en caliente)	2	11,0	10,6	3,2	2,5	0,4	1,9	8,3	7,3
Método de laboratorio (remojo en caliente) 121 C 10 min	2	11,6	12,0	3,8	3,2	0,6	2,9	9,0	8,6
Sancochado comercial en Estados Unidos	3	12,2	12,6	3,9	2,8	0,5	2,1	6,6	6,2
Secado en arena calentada	2	10,5	10,2	3,7	3,6	0,6	1,8	8,2	7,8
DEM (porcentaje)		0,8		0,3		0,5		0,9	

Fuente: Padua y Juliano, 1974.
DEM = Desviación estándar mínima.

sancochado, según las observaciones microscópicas efectuadas; el aceite y la proteína no puede difundirse tan fácilmente a través de las paredes celulares como las vitaminas solubles en agua, pero la estructura de las esferosomas queda destruida. Por consiguiente, en grado análogos de elaboración, el arroz sancochado elaborado tiene un menor contenido proteínico que el arroz crudo elaborado (Cuadro 39) y el salvado de arroz sancochado posee más proteína y aceite que el salvado de arroz crudo (Padua y Juliano, 1974). La composición de las fracciones de elaborado puede fácilmente explicarse por una menor contaminación endospérmica del salvado en el arroz sancochado.

El sancochado o precocción produce una cierta amarillez en el grano según la intensidad del tratamiento térmico. Además, las manchas negras se difunden formando zonas o pecas de color que van de pardo oscuro a negro, mientras que por lo menos el 25 por ciento de la superficie del grano queda coloreada. Aunque el grano sancochado es más duro que el arroz crudo, puede también producirse el agrietado del grano durante el secado del arroz

sancochado, especialmente por debajo del 18 por ciento de humedad cuando los granos se vuelven susceptibles a la fisuración, pues el agua libre se vuelve escasa en el grano.

El arroz recién sancochado puede elaborarse directamente con poca fragmentación pues los granos son plegables al tener un alto contenido de humedad. Debido al daño en la estructura esferosómica, el salvado del arroz sancochado suele aglomerarse durante la elaboración y obstruir los tamices. Además, hace falta una mayor presión de elaboración para el arroz sancochado debido al endurecimiento del endospermo.

Aunque se sostiene que el arroz sancochado tiene una mayor duración que el arroz crudo debido al endospermo amiláceo gelatinizado, su cáscara ligeramente abierta lo expone más al ataque de insectos. Además, consta que el arroz sancochado asiático sufre contaminación por aflatoxinas, lo que ocurre raras veces en el arroz crudo (Tulpule, Nagarajan y Bhat, 1982; Vasanthi y Bhat, 1990). Sin embargo, mediante el tratamiento se elimina gran parte de las aflatoxinas.

El proceso de precocción a presión reduce la digestibilidad real de la proteína de arroz en las ratas en crecimiento (Eggum, Resurrección y Juliano, 1977; Eggum *et al.*, 1984) (Cuadro 40). Sin embargo, existe un aumento compensatorio en el valor biológico de suerte que la utilización neta de la proteína es comparable en el arroz elaborado crudo y en el precocido. El aumento de la duración del sancochado a presión de 20 a 60 minutos no redujo totalmente la digestibilidad de la proteína del arroz IR8.

El sancochado también elimina los volátiles del arroz cocido, incluidos los ácidos grasos libres, inactiva las enzimas como la lipasa y la lipoxigenasa, mata el embrión y descompone algunos antioxidantes (Sowbhagya y Bhattacharya, 1976). Por lo tanto, el arroz sancochado cocido carece de los volátiles característicos del arroz crudo recién cocido: sulfuro de hidrógeno, acetaldehído y amoníaco (Obata y Tanaka, 1965). Los volátiles identificados fueron principalmente aldehídos y cetonas (Tsugita, 1986).

El arroz sancochado o precocido requiere más tiempo de cocción que el arroz crudo y puede ser remojado previamente en agua para reducir el tiempo de cocción de forma que resulte comparable al arroz crudo. Los granos cocidos son menos pegajosos y no forman grumos, siendo resistentes

CUADRO 40

Propiedades nutricionales de dos tipos de arroz elaborado, crudos y sancochados[1]

Tipo de arroz	Proteína cruda (*porcentaje N × 6,25*)	Lisina (*g/16 g N*)	Datos de balance en cinco ratas en crecimiento			
			Digestibilidad real (*porcentaje de ingesta de N*)	Valor biológico (*porcentaje de N digerido*)	Utilización neta de la proteína (*porcentaje de ingesta de N*)	Energía digerible (*porcentaje de ingesta*)
IR480-5-9[2]						
Crudo	11,2	3,4	100,4	66,8	67,1	97,0
Precocido 10 min	10,4	3,6	94,7	70,4	66,7	–
IR8[3]						
Crudo[4]	7,7	3,6	96,2	73,1	70,3	96,6
Precocido 20 min	7,2	3,7	89,7	78,1	70,0	95,2
Precocido 60 min	7,4	3,5	88,6	79,5	70,4	94,7
DEM (5 por ciento)[2]	0,2	0,2	0,9	1,1	1,4	0,5

[1]Precocido a 121°C, propiedades al 14 por ciento de humedad.
[2]Eggum, Resurrección y Juliano, 1977. DEM = desviación estándar mínima.
[3]Eggum *et al.*, 1984.
[4]Eggum y Juliano, 1973; Eggum, Alabata y Juliano, 1981.

a la desintegración; los granos son también más duros. Tienden a ensanchar más transversalmente que a lo largo, en comparación con el arroz crudo.

La mayor parte de las variedades que se sancochan en Bangladesh, Sri Lanka, la India y el Pakistán son los arroces ricos en amilosa, que abundan en esas regiones. En Tailandia, tanto el arroz de contenido intermedio como el de gran contenido de amilosa se sancochan para la exportación, mientras que en los Estados Unidos es sobre todo el arroz de grano largo y de amilosa intermedia el que se sancocha, y en Italia se sancochan los arroces japónica bastos con un contenido de amilosa de intermedio a bajo.

El tostado a 250°C durante 40-60 segundos del grano de arroz macerado también produce el sancochado pero el producto tiene una textura más blanda pues el almidón se seca inmediatamente sin permitir la recristalización o retrogradación del almidón, principalmente la fracción de amilosa. El grano tostado se aplasta o hace copos con un mortero de madera, y un escamador de rodillos, o un triturador de muelas verticales (Shankara *et al.*, 1984) y luego se avienta para eliminar las cáscaras y el germen.

ELABORACION

La elaboración consiste en el descascarillado del arroz cáscara para convertirlo en arroz integral o pardo. Esta operación puede hacerse manualmente (pilado a mano) o mecánicamente. Las descascaradoras mecánicas son principalmente de tres tipos: molinos de Engelberg, descascadoras de piedra y descascaradoras de caucho. En el Asia tropical siguen utilizándose comúnmente las descascaradoras de piedra, luego el arroz integral con magulladuras superficiales se pasa inmediatamente por un molino abrasivo o de fricción. Los molinos de rodillos de caucho se emplean comúnmente en el Japón, donde se almacena el arroz integral en vez del arroz cáscara, con el consiguiente ahorro de espacio.

Una humedad alta en la atmósfera durante la elaboración mejora el rendimiento en arroz entero. Si se aumenta el contenido de humedad del grano al 14-16 por ciento mediante vapor antes de la elaboración se mejora también el rendimiento de arroz entero y su sabor (Furugori, 1985), pues un 14-16 por ciento es la escala de contenido de humedad crítico para la susceptibilidad al agrietado de la mayoría de las variedades de arroz (Srinivas y Bhashyam, 1985). Las variedades susceptibles se agrietan fácilmente por debajo de un 16 por ciento de humedad cuando quedan expuestas a una humedad superior, pero las variedades resistentes se vuelven susceptibles con un 14 por ciento de humedad. Así pues, el agrietado se reduce al mínimo en todas las variedades ajustando la humedad del grano al 16 por ciento antes de la elaboración. Sin embargo, el arroz elaborado puede tener que volverse a secar hasta un 14 por ciento para su buen conservación.

Los molinos de arroz en Asia van desde un molino Engelberg de un solo paso a sistemas de pasos múltiples. La tecnología manual en que el pilado se hace a mano da lugar a un arroz semielaborado que es más rico en vitaminas B que el arroz elaborado a máquina y ello por la eliminación incompleta de las capas de salvado. En el molino Engelberg o de tipo descascarador, el descascarillado y la elaboración se realizan en una sola fase con un mayor número de granos quebrados o partidos. El subproducto es una mezcla de harina basta de cáscara y salvado. Utilizando antes una descascaradora se mejora el rendimiento de arroz elaborado entero y total.

Los granos delgados requieren menos presión para su elaboración que los granos gruesos debido a su capa más delgada de aleurona, aunque están más expuestos a roturas durante la elaboración. En los molinos modernos, la elaboración comprende varias fases y se recogen por separado las fracciones de salvado y de polvo de arroz. La elaboración de un 10 por ciento de polvo de salvado de arroz del arroz integral mediante molinos abrasivos y de fricción elimina todo el pericarpo, cubierta seminal y nucela, y prácticamente toda la aleurona así como el embrión o germen (Figura 2), pero quita poquísimo del endospermo no aleurónico, salvo las aristas laterales (Ellis, Villareal y Juliano, 1986).

El molino abrasivo puede fácilmente realizar una superelaboración, obteniendo por ejemplo arroces de centro blanco con bajo contenido de proteínas y grasas para la obtención luego de sake (vino de arroz japonés).

La presencia de partes yesosas en el endospermo, por ejemplo, vientres o centros blancos, contribuye a la rotura del grano durante la elaboración. Un endospermo heterogéneo es tal vez más susceptible al agrietado, pues un mutante yesoso (Srinivas y Bhashyam, 1985) y el arroz glutinoso con un endospermo uniformemente yesoso (Khush y Juliano, 1985) dan un buen rendimiento de arroz entero durante la elaboración.

El término de arroz pulido se refiere al arroz elaborado que ha pasado por las cribadoras donde se elimina el salvado suelto que queda adherido a la superficie del arroz elaborado, mejorando así su transparencia. Estas cribas tienen un cilindro horizontal o vertical, o cono, cubierto con tiras de cuero, para ir eliminando suavemente el salvado suelto, haciéndolo rotar en una cámara consistente en un tamiz de malla de alambre o en un tamiz de acero con perforaciones ranuradas.

Algunos consumidores de arroz prefieren un arroz muy brillante o lustroso denominado arroz glaseado o lustrado. Es un arroz que se prepara agregando polvos de talco en seco o una solución de glucosa al arroz bien elaborado en un tambor donde su rotación distribuye la mezcla por todo el grano. El talco utilizado para el arroz glaseado en Hawai no provoca mayor incidencia de cáncer de estómago de lo que se pretende cause en el Japón, donde está prohibido el glaseado con talco (Stemmermann y Kolonel, 1978).

Las innovaciones introducidas en la industria japonesa del arroz comprenden el control por microcomputadoras de la elaboración sobre la base del grado deseado de elaboración o la blancura del arroz elaborado (Furugori, 1985; van Ruiten, 1985). Comúnmente se emplea la clasificación electrónica por color para eliminar los granos pecosos descoloridos. El alto refinado de arroz elaborado, que se introdujo en 1977, incluye una mezcla nebulizada de humedad a través del eje hueco con aire a alta presión durante la elaboración, junto con una máquina refinadora de rodillos metálicos especialmente diseñada para ese fin. El agua se evapora durante la elaboración y mantiene la temperatura del grano inferior a la existente en la elaboración normal. Una máquina elaboradora de arroz germen introducida en 1976 y que opera a base de rodillos abrasivos suaves con presión bajísima, produce un arroz elaborado en que más del 80 por ciento de los granos mantienen el germen intacto. El arroz germen tiene buena acogida entre los consumidores japoneses porque es rico en tiamina, riboflavina, tocoferol, calcio y ácido linoleico. Los pequeños molinos que funcionan con monedas para atender a las necesidades diarias de una familia se están volviendo muy populares en el Japón pues así se reduce al mínimo la rancidez de la grasa durante el almacenamiento.

La aflatoxina se halla principalmente en la fracción de polvo de salvado del arroz integral (Ilag y Juliano, 1982). El descascarillado elimina del 50 al 70 por ciento de la aflatoxina del arroz crudo y la elaboración reduce aún más el contenido de toxina al 20-35 por ciento (Vasanthi y Bhat, 1990). La precocción reduce el contenido de toxina en el arroz ya infectado en un 33 a 61 por ciento, mientras que el descascarillado del arroz precocido reduce la toxina en otro 19 a 31 por ciento y la elaboración en un 7 a 28 por ciento. El arroz precocido es un mejor sustrato para la producción de aflatoxina que el arroz crudo, probablemente porque el precocido facilita la disponibilidad de grasas para el metabolismo del *Aspergillus parasiticus* (Breckenridge y Arseculeratne, 1986).

La duración en almacén del arroz suele ser brevísima en el arroz elaborado, debido a la rancidez de la grasa, más prolongada en el arroz integral y más todavía en el arroz cáscara. La grasa existente en las células superficiales del arroz elaborado atraviesa por un proceso de hidrólisis por la lipasa, seguido por la oxidación de la lipoxigenasa de los ácidos grasos insaturados

libres. Con el arroz integral, la descascarilladora constituye el factor crítico, prefiriéndose una descascarilladora de rodillos de caucho a una descascarilladora de piedra, pues así se reducen las magulladuras superficiales del grano que desencadenan la acción de la lipasa sobre los lípidos.

PERDIDAS POSTCOSECHA

Se producen pérdidas de arroz en todas las fases de la cadena que sigue a la cosecha. Las pérdidas cuantitativas suelen ser de fácil apreciación, mientras que los datos relativos a las pérdidas cualitativas son más difíciles de determinar y dependen más de juicios subjetivos y de influencias culturales. Las cifras aceptadas para las pérdidas cuantitativas postcosecha por lo que se refiere al arroz oscilan del 10 a casi el 40 por ciento, con el siguiente desglose:

- Recolección, 1 a 3 por ciento
- Manipulación, 2 a 7 por ciento
- Trilla, 2 a 6 por ciento
- Secado, 1 a 5 por ciento
- Almacenamiento, 2 a 6 por ciento
- Elaboración, 2 a 6 por ciento

Estas cifras, referidas inicialmente al Asia sudoriental (De Padua, 1979), fueron más tarde confirmadas en otras partes de Asia y Africa, sobre todo gracias a las actividades de campo del Programa sobre Prevención de Pérdidas de Alimentos de la FAO, convirtiéndose en valores estándar por lo que respecta a las pérdidas de arroz.

El calendario de la recolección de arroz influye en la gravedad de las pérdidas. Depende de las variedades, pero un retraso en recolectar una cosecha de arroz maduro produce menos rendimiento debido al encamado y al desgranado de las espigas, así como a la exposición del arroz maduro en el campo a los insectos, aves y roedores. También da lugar a pérdidas postcosecha al reducir los rendimientos de la elaboración y la recuperación de granos enteros.

Las técnicas tradicionales de trilla constituyen una causa frecuente de pérdidas. Estas técnicas comprenden: golpear la paja entre tablillas a través de las cuales cae el grano en cubos o baldes, y trillar la paja pisándola con los pies y empleando ocasionalmente un tractor o un rodillo tirado por un

tractor. Todo ello repercute en la calidad pues los granos pueden quebrarse o mezclarse piedras y tierra con el arroz trillado.

Gran parte del grano queda desparramado con frecuencia en torno y acaba siendo comido por las aves de corral y animales domésticos. Sin embargo, aunque puede considerarse perdida esta cantidad para el consumo humano, resulta productiva dentro de la economía doméstica global.

El arroz cáscara trillado se suele almacenar en sacos o a granel. Los sacos sirven para separar las variedades según las necesidades específicas. Sin embargo los sacos no protegen contra los insectos y roedores. Unas buenas prácticas de almacenamiento, un buen apilamiento y unas condiciones higiénicas apropiadas limitan notablemente las pérdidas.

En gran escala, el almacenamiento a granel y el almacenamiento en atmósfera regulada, si están bien organizados, son eficientes y cuestan relativamente poco. Pero, para una operación eficaz, hace falta una gran inversión de capital y personal especializado, lo cual muchas veces sobrepasa la capacidad del agricultor considerado individualmente.

El almacenar el arroz como arroz cáscara tiene sus ventajas sobre el almacenamiento del arroz elaborado, ya que la cáscara protege el grano contra insectos y ataques de hongos. Esta posibilidad depende en cierto grado de la situación económica local y de la oferta y demanda de arroz cáscara y de arroz elaborado en diferentes momentos de la temporada.

PREPARACION Y COCCION DOMESTICAS

El lavado del arroz elaborado antes de su cocción es práctica común en Asia para eliminar el salvado, el polvo y la suciedad del alimento, ya que el arroz muchas veces se mantiene en arcones abiertos y por tanto queda expuesto a la contaminación. Durante el lavado se lixivian algunos nutrientes hidrosolubles, quedando eliminados. En el Cuadro 41 aparecen las pérdidas por lavado y cocción de nutrientes de varios tipos de arroz, lo que indica que durante la operación de lavado puede quedar eliminada una gran cantidad de proteína, ceniza, vitaminas y minerales hidrosolubles y hasta dos tercios de la grasa cruda. La venta de arroz envasado limpio estimulará la supresión o reducción de las fases de lavado e impedirá o reducirá la pérdida de nutrientes durante el lavado.

CUADRO 41

Pérdidas porcentuales de nutrientes durante el lavado en agua y el calentado en exceso de agua de arroces integrales y elaborados

Nutriente	Lavado[1]			Lavado y cocción[2]	Cocción sin lavado[3]		
	Arroz elaborado crudo	Arroz integral	Arroz elaborado precocido	Arroz elaborado	Arroz elaborado	Arroz integral	Arroz elaborado precocido
Peso	1-3	0,3-0,4		5-9	2-6	1-2	3
Proteína	2-7	0-1		2	0-7	4-6	0
Grasa cruda	25-65			50	36-58	2-10	27-51
Fibra cruda	30						
Ceniza cruda	49				16-25	11-19	29-38
Azúcares libres	60			40			
Polisacáridos totales	1-2			10			
Aminoácidos libres	15			15			
Calcio	18-26	4-5		1-25	21		
Fósforo total	20-47	4		5			
Fósforo fitina	44						
Hierro	18-47	1-10			23		
Zinc	11			1			
Magnesio	7-70	1		1			
Potasio	20-41	5		15			
Tiamina	22-59	1-21	7-15	11	47-52		
Riboflavina	11-26	2-8	12-15	10	35-43		
Niacina	20-60	3-13	10-13	13	45-55		

[1]Kik y Williams, 1945; Cheigh *et al.*, 1977a; Tsutsumi y Shimomura, 1978; Hayakawa e Igaue, 1979; Pérez *et al.*, 1987.
[2]Cheigh *et al.*, 1977a, 1977b; Pérez *et al.*, 1987.
[3]El Bayâ, Nierle y Wolff, 1980.
Fuente: Juliano, 1985b, Pérez *et al.*, 1987.

El hervido en exceso de agua da lugar a la lixiviación y pérdida de nutrientes hidrosolubles, en particular el almidón, al tirar el líquido de cocción. Por ejemplo, en dos lavados de tres arroces elaborados se eliminaba el 0,8 por ciento de almidón, pero el 14,3 por ciento en peso del almidón se hallaba en las gachas de arroz después de su cocción durante unos 20

minutos en un volumen de agua diez veces mayor (Pérez *et al.*, 1987). La eliminación de proteína fue del 0,4 por ciento durante el lavado y del 0,5 por ciento durante la cocción. Hervir arroz precocido en bolsas de plástico perforadas hace más sencillo y conveniente la cocción en exceso de agua. En la olla de arroz o con el método de nivel de agua óptimo, el lixiviado se pega a la superficie del arroz cocido al ser absorbida el agua por el almidón del arroz. La capa del fondo resulta más pastosa que la capa superior.

Con el aumento de la proporción de quebrados en el arroz elaborado de 0 al 50 por ciento en peso aumenta la pérdida de sólidos en la cocción del arroz crudo del 13 al 27 por ciento (Clarke, 1982). Un factor determinante es el tiempo más breve de cocción de los quebrados: la pérdida proporcional que resultó del experimento fue del 22 por ciento para los quebrados grandes y del 47 por ciento para los pequeños.

El hervido en suficiente agua de cocción reduce también el contenido de aflatoxina del arroz elaborado en un 50 por ciento (Rehana, Basappa y Sreenivasa Murthy, 1979). La cocción a presión destruye el 73 por ciento de la aflatoxina y la cocción en agua excesiva destruye el 82 por ciento de la misma.

El hervido reduce la digestibilidad real de la proteína de arroz elaborado en un 10 a 15 por ciento, pero no tiene efecto alguno sobre otras proteínas de cereales (Eggum, 1973); sin embargo, mejora el valor biológico de la proteína de tal suerte que la utilización neta de proteína en ratas no se reduce mucho al no reducirse la digestibilidad de la lisina (Eggum, Resurrección y Juliano, 1977) (Cuadro 42). La proteína no digerida, que se elimina como partículas de proteína fecales, representa la proteína central rica en lípidos de los compuestos proteínicos esféricos (Tanaka *et al.*, 1978), que es pobre en lisina pero rica en cisteína (Tanaka *et al.*, 1978; Resurrección y Juliano, 1981) (Cuadro 43). Para mejorar la digestibilidad de la proteína del arroz cocido se están desarrollando mutantes con niveles reducidos de fracciones secundarias ricas en azufre de prolamina de arroz (10 y 16 kd), ya que en la fracción central están probablemente las fracciones secundarias de prolamina. La precocción reduce ulteriormente la digestibilidad de la proteína y aumenta correlativamente su valor biológico, sin perjudicar la utilización neta de proteína (Eggum, Resurrección y Juliano, 1977, Eggum *et. al.*, 1984) (Cuadro 40).

CUADRO 42

Propiedades nutricionales medias de varios arroces elaborados y liofilizados crudos y cocidos al 14 por ciento de humedad

Tipo de arroz	Proteína cruda *(porcentaje N × 6,25)*	Lisina *(g/16 g N)*	Datos de balance en cinco ratas de crecimiento						
			Digestibilidad real *(porcentaje de ingesta de N)*	Valor biológico *(porcentaje de N digerido)*	Utilización neta de la proteína *(porcentaje de la ingesta)*	Utilización energética[1] *(porcentaje de la ingesta)*	Digestibilidad del almidón[1] *(porcentaje de la ingesta)*	Digestibilidad de la lisina[1] *(porcentaje de la ingesta)*	Digestibilidad de la cisteína[1] *(porcentaje de la ingesta)*
IR29, IR32, IR480-5-9[2]									
Crudo	8,9	3,6	99,7	67,7	67,5	96,8	99,9	99,9	99,5
Cocido, liofilizado	9,0	3,5	88,6	78,2	69,2	95,4	99,9	99,4	82,0
IR58									
Crudo[3]	11,8	3,5	99,1	68,8	68,3	97,0	–	–	–
Cocido, liofilizado[4]	12,7	3,5	85,8	73,7	63,2	92,5	–	–	–

[1] IR29 e IR480-5-9 solamente.
[2] Eggum, Resurrección y Juliano, 1977.
[3] IRRI, 1984a
[4] Eggum *et al.*, 1987.

CUADRO 43

Propiedades de los compuestos proteínicos de los arroces elaborados IR480-5-9 e IR58 enteros y cocidos, tratados con pepsina[1]

Compuestos proteínicos	Recuperación de peso *(porcentaje de arroz elaborado)*	Proteína cruda *(porcentaje N × 5,95)*	Lisina *(g/16,8 g N)*	Cisteína *(g/16,8 g N)*	Metionina *(g/16,8 g N)*	Lípidos crudos *(porcentaje)*	Razón lípido neutral: glicolípido: fosfolípido	Carbohidratos *(porcentaje anhidro-glucosa)*	Peso molecular polipéptidos *(kd)*
Enteros									
IR480-5-9	13,0	79,1	4,0	2,6	3,1	9,5	92:5:3	–	38,25,16
IR58	12,0	81,3	4,0	3,0	2,2	7,4	–	5,3	38,25,16
Tratados con pepsina									
IR480-5-9 (1X)[2]	4,6	62,4	1,3	4,6	4,8	22,0	92:5:3	–	16
IR58 (1X)	4,3	60,3	1,7	4,1	2,6	–	–	–	16
IR58 (2X)	3,0	51,6	0,8	3,1	3,3	21,4	–	21,3	16

[1]Contenido de proteína del 10,5 por ciento para el IR480-5-9 y del 11,8 por ciento para el arroz elaborado IR58.
[2]Número de tratamientos con pepsina.
Fuentes: Resurrección y Juliano, 1981.

La digestibilidad real señalada del arroz elaborado cocido es del 88±4 por ciento en los adultos y niños (Hopkins, 1981) (Cuadro 28).

Tanaka y Ogawa (1988) encontraron una cantidad mayor de compuestos proteínicos esféricos grandes (CP I) en el arroz índica (30 por ciento) que en el japónica (20 por ciento) (Ogawa *et al.*, 1987) y sugirieron que la proteína del arroz índica cocido podría ser menos digerible que la del arroz japónica cocido. Sin embargo, Tanaka, Hayashida y Hongo (1975) y Tanaka *et al.* (1978) señalaron análogas digestibilidades *in vitro* para las sustancias proteínicas derivadas de arroces japónica e índica.

El bajo contenido de lisina en la proteína de compuestos proteínicos tratados con pepsina y de las partículas fecales de proteína (Tanaka *et al.*, 1978) explica la retención de una alta digestibilidad de lisina de la proteína del arroz al cocerlo. Su alto contenido de cisteína explica también por qué ésta tiene la mínima digestibilidad entre los aminoácidos de las proteínas del arroz (Tanaka *et al.*, 1978).

El método FAO/OMS de evaluación de la calidad de las proteínas se basa en el cómputo de aminoácidos multiplicados por la digestibilidad real (DR) en ratas (FAO, 1990c). La aplicación de este método a las dietas compuestas de arroz cocido de niños filipinos de edad preescolar y adultos, y a su componente de arroz cocido (Eggum, Cabrera y Juliano, 1992), arrojó una calidad de las proteínas inferior en un 6 a 8 por ciento (56 por ciento para el arroz y 89 y 80 por ciento para las dos dietas compuestas de arroz) frente a la basada en la digestibilidad de la lisina (62 por ciento y 95 y 88 por ciento respectivamente). La DR fue del 88 al 90 por ciento para las tres muestras, y la digestibilidad de la lisina fue del 95 al 96 por ciento para las dietas de arroz y del 100 por ciento para el arroz cocido. El arroz elaborado arrojaba una mayor energía y proteína digestibles pero un valor biológico y una utilización neta de la proteína (UNP) inferiores a las dietas a base de arroz. El cómputo de aminoácidos y la calidad de la proteína de las dietas a base de arroz eran tan altos o mayores que su UNP, pero la UNP del arroz elaborado fue superior al cómputo de aminoácidos y a la calidad de la proteína. Por consiguiente, en el nuevo método se subestimará la calidad de la proteína del arroz cocido, pero no la del arroz crudo con un 100 por ciento de digestibilidad de la proteína y de la lisina en ratas en crecimiento (Eggum, Resurrección y Juliano, 1977).

Capítulo 6

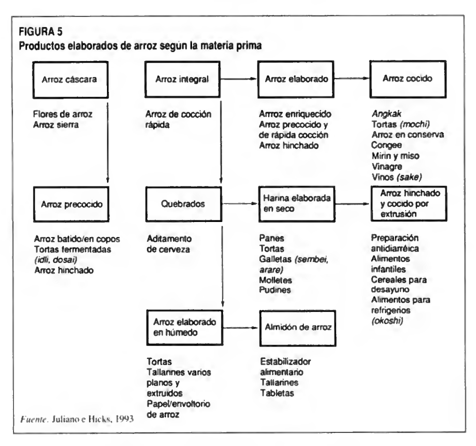
Principales productos elaborados de arroz

El consumo de arroz en forma de productos elaborados alcanza probablemente cotas máximas en el Japón, con un 9,5 por ciento del consumo total de arroz en 1987 (4,8 por ciento de sake, 1,0 de miso, 2,0 de galletas, 1,0 de harina y 0,4 de tortas de arroz envasadas y otro tanto de productos de arroz hervidos), (Hirao, 1990). En comparación, el consumo de productos elaborados es de un 2 por ciento en Filipinas (FNRI, 1984), de un 1 por ciento (como tallarines) en Malasia (FAO, 1985) y poco más del 1 por ciento en Tailandia (Maneepun, 1987).

Con el decreciente consumo de arroz hervido por persona en países como el Japón y la República de Corea, se trata de mantener el consumo de arroz desarrollando nuevos productos y mejorando los tradicionales con objeto de sostener la producción total de arroz. El Japón cuenta con la más amplia gama de productos de arroz de preparación sencilla y rápida, incluido un equipo de cocción automatizado para servicio de comidas (Juliano y Sakurai, 1985). Hay muchos programas nacionales que tratan también de mejorar la calidad y duración en almacén de los productos tradicionales de arroz (FAO, 1985). El programa japonés denominado Superarroz incorpora determinadas características preferidas del arroz extranjero en los nuevos arroces japoneses (Yokoo, 1990).

Los productos elaborados de arroz pueden obtenerse de arroz cáscara, arroz integral, arroz elaborado, arroz cocido, quebrados de arroz, harina elaborada en seco, harina elaborada en húmedo o almidón de arroz (Juliano e Hicks, 1993), (Figura 5). La composición de nutrientes de algunos productos del arroz puede verse resumida en el Cuadro 44.

FIGURA 5
Productos elaborados de arroz según la materia prima



Fuente. Juliano e Hicks, 1993

ARROCES PRECOCINADOS Y DE COCCION RAPIDA

El arroz precocinado se emplea para productos alimenticios de preparación fácil y rápida basados en el arroz, en los que los ingredientes que no son de arroz se envasan por separado y sólo se mezclan durante el calentamiento. El arroz de retorta en el Japón se fabrica disponiendo el arroz no glutinoso y glutinoso cocinados en envases de plástico laminado o de plástico laminado con aluminio, herméticamente cerrados, y pasteurizándolo a 120°C a presión (Juliano y Sakurai, 1985; Tani, 1985). El arroz glutinoso cocido al vapor con frijoles rojos representa el 80 por ciento del arroz de retorta en el Japón, con una producción anual de 8 030 toneladas en 1983 (Tani, 1985) y 4 264 toneladas en 1986 (Iwasaki, 1987). Los

CUADRO 44

Composición de nutrientes por 100 gramos de algunos productos de arroz

Productos de arroz	Humedad *(g)*	Energía alimentaria *(kcal)*	Proteína *(g)*	Tiamina *(mg)*	Riboflavina *(mg)*	Niacina *(mg)*
Arroz instantáneo (EE.UU.)	9,6	362	7,5	0,44	–	3,5
Arroz granulado (EE.UU.)[1]	7,4	383	6,0	0,42	0,11	5,8
Alimento para niños de arroz-soja Kaset (Tailandia)[1]	5,2	401	11,0	0,2	0,4	1,0
Cereales para niños a base de arroz (Reino Unido)[1]	4,9	386	10,9	1,60	1,20	23,0
Gachas finas de arroz, *am* (Filipinas)	95,9	17	0,1	0,02	0,02	0,4
Gachas de arroz (Filipinas)	91,5	30	0,6	0,01	0,01	0,1
Gachas de arroz, *arroz caldo* (Filipinas)	83,8	63	2,0	0,02	0,03	0,4
Tallarines de arroz, *bihon* (Filipinas)	12,4	364	5,0	v.[2]	0,01	0,2
Arroz fermentado: fríjol mungo, *idli* (India)	45,0	220	7,6	0,32	0,30	0,9
Torta de arroz fermentado, *puto* (Filipinas)	46,6	214	2,8	0,01	0,01	0,4
Torta de arroz glutinoso, chino (Reino Unido)	29,8	290	3,5	v.[2]	0,02	0,9
Torta de arroz, *bibingka* (Filipinas)	41,5	234	3,6	0,12	0,05	0,6
Torta de arroz glutinoso, *bibingka* (Filipinas)	36,8	256	2,8	0,03	0,01	1,1
Torta de arroz con lejía, *kutsinta* (Filipinas)	58,9	167	1,4	v.[2]	0,01	0,2
Torta de arroz glutinoso con lejía, *suman* (Filipinas)	52,3	191	3,2	v.[2]	0,02	0,5
Torta de arroz glutinoso con leche de coco, *suman sa ibos* (Filipinas)	57,5	171	3,1	0,01	0,01	0,3
Torta de arroz glutinoso, *tikoy* (Filipinas)	37,7	250	2,5	0,02	0,02	0,4
Torta de arroz glutinoso, púrpura, *puto bumbong* (Filipinas)	38,5	251	3,5	0,03	0,01	0,4
Preparado de arroz glutinoso, *palitaw* (Filipinas)	51,8	206	2,6	0,04	0,02	0,7
Preparado de arroz glutinoso con jarabe de coco, *kalamay* (Filipinas)	48,2	208	2,7	0,01	0,01	0,3

(cont.)

CUADRO 44

Composición de nutrientes por 100 gramos de algunos productos de arroz (continuación)

Productos de arroz	Humedad *(g)*	Energía alimentaria *(kcal)*	Proteína *(g)*	Tiamina *(mg)*	Ribo-flavina *(mg)*	Niacina *(mg)*
Producto de arroz glutinoso, *spasol* (Filipinas)	25,8	312	4,0	0,06	0,04	1,1
Preparado de harina de arroz, *tamales* (Filipinas)	7,2	100	1,3	0,01	0,02	0,4
Arroz hinchado (EE.UU.)[1]	3,7	399	6,0	0,44	0,04	4,4
Arroz hinchado, no glutinoso, edulcorado (EE.UU.)	5,6	385	4,5	0,01	0,14	1,6
Arroz hinchado preedulcorado con cacao (EE.UU.)[1]	3,4	401	4,5	0,42	0,06	6,3
Arroz glutinoso prehervido aplastado, hinchado, *pinipig* (Filipinas)	3,3	392	3,1	v.[2].	0,04	2,0
Pan de arroz tostado, *puto seko* (Filipinas)	4,8	388	6,0	0,06	0,02	0,5
Pudín de arroz, envasado (Reino Unido)	77,6	89	3,4	0,03	0,14	0,2
Sopa de pollo con arroz, condensada (EE.UU.)	89,6	39	2,6	v.[2]	0,02	0,6
Vino de arroz *sake*, 32 grados (Japón)	78,4	134	0,5	0	0	0
Vino de arroz, 34 grados (China)	79,1	132	0	v.[2]	0,01	0,12
Harina de arroz (Reino Unido)	11,8	366	6,4	0,10	0,05	2,1
Almidón de arroz	13,8	343	0,8	–	–	–

[1]Con adición de vitaminas y minerales. [2]vestigios.
Fuente: FNRI, 1980; Watt y Merrill, 1963; Luh y Bhumiratana, 1980; Holland, Unwin y Buss, 1988.

envases de plástico laminado en aluminio se calientan directamente en agua caliente durante 10 a 15 minutos, mientras que los envases de plástico se agujerean y calientan en un horno de microondas durante 1 a 2 minutos.

El arroz cocido, congelado y depositado en envases de plástico herméticos alcanzó en el Japón una cifra de producción de 10 841 toneladas en 1983 (Tani, 1985); en 1986 se produjeron 22 575 toneladas (Iwasaki,

1987). La congelación profunda sin deshidratación es la mejor condición para que el arroz cocido no retrograde (se endurezca). El arroz congelado producido en los centros de cocción pasa a las cadenas de restaurantes, donde se calienta en hornos de microondas y se sirve a los clientes.

Los arroces de cocción rápida necesitan mucho menos tiempo de cocción que los arroces elaborados crudos (15-25 minutos). Se emplean varios métodos para agrietar el arroz crudo, o para secar el arroz cocido hasta producir una estructura porosa. Entre los métodos de secado en caliente figuran el calentado del arroz elaborado e integral con aire a 57 a 82°C durante 10 a 30 minutos o con aire a 272°C durante 17,5 segundos para agrietar el grano. Las compañías japonesas calientan el arroz integral en una contracorriente de aire caliente a 105-130°C durante 30 minutos y lo enfrían rápidamente a menos de 30°C (Juliano y Sakurai, 1985). El arroz integral precocido puede transformarse en arroz de cocción rápida estregando un 1 por ciento, en peso, del pericarpio para eliminar la capa exterior impermeable al agua (Desikachar, Raghavandra Rao y Ananthachar, 1965). Entre los procedimientos aplicados para el arroz precocinado de cocción rápida figuran el remojo, hervido, cocido al vapor y secado; el gelatinado, secado e hinchado; el gelatinado y secado en rodillo; el congelado y deshielado, el congelado en seco y el tratamiento químico (Roberts, 1972).

La producción de arroz pregelatinizado o arroz «alfa» en el Japón fue de 13 900 toneladas en 1983 (Tani, 1985) y 14 500 toneladas en 1986 (Iwasaki, 1987). El arroz cocido se seca rápidamente mediante aire calentado para fijar el almidón en estado amorfo a un 8 por ciento de humedad. El arroz gelatinizado se emplea como alimento de urgencia y para raciones en barcos y escaladas de montaña debido a su larga duración en almacén (3 años) (Imai, 1990) y a su peso ligero (Juliano y Sakurai, 1985). Se consume después de su hidratación, cocción o calentado durante unos 10 minutos y se mantiene unos 15 minutos. Agregándole agua caliente, el arroz desecado congelado es el mejor para reconstituir el arroz cocido. Las gachas de arroz instantáneo japonés se preparan con harina de arroz integral pregelatinizado o granos aplastados agregando agua caliente o cociéndolo con poco calor durante varios minutos; puede emplearse como alimento de destete.

En Taiwan (China) se producen comercialmente dos tipos de arroz cocido desecado. Uno es una gacha de arroz de estilo cantonés hecha con quebrados de arroz no glutinoso (con bajo contenido de amilosa) elaborado, lavado, molido en un molino de martillo con un tamiz de 5 mm, precocido con un volumen de agua seis veces mayor, secado en tambor durante tres minutos con una presión de vapor de 5 kg/cm^2 y una tolerancia de 1,5 mm, hecho copos, mezclado con carne cocida desecada, hortalizas, sal, glutamato monosódico u otras sustancias aromatizantes y envasado. El otro producto es el *guo-ba*, un bloque delgado de arroz glutinoso cocido y desecado. El arroz glutinoso se lava, remoja, cuece en una cocina de arroz, se extiende a mano formando una capa delgada y uniforme de 0,6 cm en bandejas perforadas recubiertas con teflón, se cuece en horno con llama a 135°C durante 40 minutos o 165°C durante 15 minutos, se corta luego en bloques de 6 × 6 cm y se seca al sol hasta un 12 por ciento de humedad. El guo-ba puede envasarse para su uso posterior, puede también aromatizarse aún más y freírse, utilizarse como alimento para refrigerio listo para consumir o para desayunos, o puede agregarse como ingrediente en platos cocinados. Ambos productos suponen que hay que extender en capas a mano el arroz cocido, lo que lleva tiempo y puede ser fuente de contaminación.

Fabricación de tallarines extruidos de arroz basada en el proceso continuo, Tailandia
(foto: M.H. Cosgriff)



La producción de cereal de arroz precocinado y seco consiste en preparar y cocinar una mezcla de cereales, que luego se seca en un secador atmosférico de doble tambor, se hace hojuelas y se envasa (Brockington y Kelly, 1972). Se controlan atentamente los elementos sólidos de las mezclas, se regulan la velocidad y temperatura de los tambores y el espaciamiento entre ellos. Los alimentos infantiles precocidos hidratados y listos para su consumo han de tener la consistencia justa, ser lo suficientemente blandos para que se puedan ingerir fácilmente pero bastante espesos para que no se derramen. Puede agregarse α-amilasa de malta y de hongos para regular la cantidad de líquido necesaria para reconstituir el cereal desecado y edulcorarlo por hidrólisis parcial del almidón. En el Asia sudoriental son habituales los alimentos de destete a partir de arroz como el preparado *kaset* a base de arroz cocido por extrusión y soja con toda su grasa (Luh y Bhumiratana, 1980). Es preferible agregar los ingredientes sensibles al calor como la leche después de la extrusión, para evitar la degradación de la lisina y de la cisteína de la proteína.

TALLARINES

Tanto los tallarines redondos planos como los redondos extruidos y el papel de arroz se preparan tradicionalmente con harina elaborada en húmedo empleando un molino de piedra o de metal. El material de partida consiste en quebrados de arroz con un bajo contenido de grasa, de ser posible arroz recién elaborado a base de arroz envejecido y con un contenido aparente de amilosa alto y una dura consistencia del gel. Para la preparación de tallarines, se coloca un batido o mezcla de arroz elaborado en húmedo, con un 42 por ciento de arroz en peso, en una máquina de tallarines hasta que el tambor esté sumergido a medias. Se rota luego lentamente el tambor liso y se va raspando con una hoja de acero inoxidable, colocada formando un ángulo de 45°, la mezcla adherida, que va a parar a una cinta transportadora tirante de acero inoxidable, o de algodón, que se mueve hacia un túnel de vapor donde permanece durante tres minutos para su gelatinización a una humedad del 62 por ciento (Juliano y Sakurai, 1985; Maneepun, 1987). La lámina se sumerge momentáneamente en aceite de maní antes de doblarla y luego cortarla en los tamaños

convenientes (50 × 50 cm) para su venta directa como tallarines frescos. En la operación hay muy escasa degradación del almidón.

En Viet Nam, Tailandia y Taiwan (China) se preparan también papel de arroz y envoltorios para rollitos de huevo a base de pasta de arroz, de alto contenido de amilosa y elaborada en húmedo. Con una cuchara poco honda y plana se echa un volumen medido de pasta de arroz, con la debida consistencia, en una gasa tensa colocada encima de una caldera de vapor, luego la pasta se extiende por toda la superficie mediante el movimiento circular del cucharón, y se cuece al vapor hasta que gelatinice. Se saca luego la hoja con un movimiento bascular pasándola a un rodillo para pasta y se extiende en una bandeja de bambú con ranuras para el secado. El papel de arroz es más delgado que el envoltorio para rollos de huevo, y se emplea como papel comestible transparente. Al envoltorio para rollos de huevo puede agregársele sal.

En las fiestas anuales del 15 de mayo en Lucban, Isla de Quezón, Filipinas, se vierte una crema de arroz cocido, con adición de colores alimentarios, en varias superficies foliares, que se secan y descortezan, empleándose como adornos de colores en las casas durante esas festividades. Estos adornos comestibles, llamados *kiping*, conservan la imagen de las diversas hojas en que se echan.

Tradicionalmente, los tallarines extruidos (*bihon, bijon, bifun, mehon* o *vermicelli*) se preparan a base de arroz quebrado envejecido y de alto contenido de amilosa, mediante la elaboración en húmedo del arroz macerado, amasándolo en bolas del tamaño de un puño, gelatinizando superficialmente las bolas de harina (unos 500 g) en un baño de agua hirviendo hasta que floten, y volviéndolas a mezclar luego y moldeándolas mediante una prensa hidráulica con troquel, sometiendo los tallarines moldeados a un tratamiento térmico para su gelatinización superficial, remojándolos luego en agua fría, y secándolos al sol en bastidores (Juliano y Sakurai, 1985). En Tailandia se amasa con máquinas la harina en cilindros que luego se cuecen al vapor en bastidores portátiles y se mezclan mecánicamente en la prensa de extrusión. Los extrusores pueden también utilizarse con harina elaborada en seco para cocer y amasar harina elaborada en seco prehumedecida y luego moldearla como tallarín al final del tambor. Du-

rante la extrusión se produce una gran degradación del almidón, tanto que la consistencia del gel pasa de dura a blanda. En cambio se produce un escasísimo deterioro de la calidad de la proteína. El tallarín de arroz fresco extruido y fermentado es muy popular en Tailandia. El arroz quebrado se remoja durante tres días para su fermentación, reduciendo el pH de 7 a 3,5 con *Lactobacillus* spp y *Streptococcus* spp (Maneepun, 1987) y luego se elabora de la misma forma que el tallarín sin fermentar. La proteína baja de 1,54 por ciento después de un día de fermentación a 1,14, y después de tres días a un 70 por ciento de humedad.

Los nutrientes hidrosolubles y el almidón deteriorado se pierden durante la elaboración en húmedo en la fase de filtración; lo propio vale para vitaminas, minerales, azúcares libres y aminoácidos, polisacáridos y proteínas hidrosolubles (albúmina), almidón deteriorado y grasa. El agua residual plantea un problema de contaminación. Muchas fábricas filipinas de tallarines extruidos emplean almidón de maíz para reducir al mínimo el problema de la contaminación. El valor nutricional del tallarín de almidón de maíz es inferior (menos de 1 por ciento de proteína) pero es más translúcido que el tallarín de arroz.

TORTAS DE ARROZ, TORTAS DE ARROZ FERMENTADAS Y PUDINES

La harina de arroz, glutinoso o no, elaborada en húmedo puede amasarse con agua y transformarse en una torta de arroz edulcorado añadiendo azúcar y otros ingredientes antes de su cocción al vapor. En Filipinas se produce una torta de arroz fermentada con levadura (*puto*), para la cual el arroz envejecido de contenido intermedio de amilosa da la máxima expansión volumétrica y una suavidad óptima en la torta tratada al vapor (Pérez y Juliano, 1988). El *nenkau* es una torta china tradicional de arroz y es básicamente en tres tipos: una torta dulce hecha con arroz glutinoso y azúcar; una torta de arroz con rábano, a base de arroz de alto contenido de amilosa mezclado con rábano triturado; y una torta de arroz fermentada, hecha de masa fermentada de arroz, de alto contenido de amilosa, y azúcar. El *idli* (pudín de arroz) y el *dosai* (torta de arroz) se preparan en la India a base de una mezcla de arroz elaborado precocido y de frijol mungo (*Phaseolus mungo*), en la proporción de 3:1 en peso, que suele servirse

típicamente como cereal para el desayuno (Hesseltine, 1979; Steinkraus, 1983). Se lavan por separado el arroz y el frijol mungo descorticado, se remojan durante 5 a 10 horas en 1,5 a 2,2 veces su peso en agua, y se elaboran en húmedo por separado también para conseguir una harina de arroz basta (0,6 mm) y una pasta de frijol blanda y gelatinosa. La harina y la pasta se mezclan agregando un 0,8 por ciento de sal, y se deja fermentar la mezcla espesa durante la noche, cociéndola luego al vapor y sirviéndola caliente. Los ingredientes que se agregan al *idli* para darle sabor comprenden nuez de acajú, ghee, pimienta, jengibre, grasa de mantequilla ácida, y levadura. El *dosai* suele contener menos frijol mungo y se suele freír, no cocer al vapor. La calidad de la masa del *idli* se atribuye a la proteína de la globulina y a la arabinogalactana del frijol mungo (Susheelamma y Rao, 1979). Los arroces precocidos ricos en amilosa se prestan bastante bien para el *idli*. Durante la fermentación, aumentan las vitaminas B y la vitamina C (Soni y Sandhu, 1989) y el fitato se hidroliza en un 50 por ciento.

La torta filipina de arroz, *bibingka*, se hace con harina de arroz, glutinoso o no, elaborado en húmedo, a la que se añaden azúcar y leche de coco y se hornea en una vasija revestida de hojas de banano en un horno de carbón vegetal, con brasas de carbón por encima hasta que dore. Otra torta de arroz, la *puto kutsinta*, es una torta no fermentada, de textura de pudín denso, que se hace con arroz elaborado en húmedo y añadiéndole luego azúcar y lejía.

La torta o pasta japonesa de arroz (*mochi*) es un preparado tradicional a base de arroz glutinoso elaborado para lo cual se lava el arroz, se cuece al vapor a 100°C durante unos 15 minutos hasta lograr un contenido de humedad del 40 por ciento, se muele luego amasándolo o utilizando un mortero, se envuelve en una película de plástico, se pasteuriza durante 20 minutos a 80°C y se enfría (Juliano y Sakurai, 1985). Recientemente, se viene fabricando directamente la harina de arroz glutinoso gelatinizado mediante cocción por extrusión, que tiene muchas aplicaciones, incluido el *mochi*. El *mochi* se suele partir en trozos (como cubos), tostarse y sazonarse con salsa de soja o envolverse y comerse como tentempié. Los arroces glutinosos preferidos tienen una TG real del almidón de 66 a 69°C

(Palmiano y Juliano, 1972). El *mochi* pronto para el consumo se pasteuriza por debajo de 95°C en envases (Tani, 1985). Su consumo anual en el Japón fue de 42 000 toneladas en 1983 y 52 305 en 1986 (Iwasaki, 1987).

Los alimentos tradicionales para refrigerio o postres a base de arroz glutinoso en Filipinas incluyen tortas de arroz (*suman*) hechas de arroz elaborado. El *suman sa antala* y el *suman sa ibos* se cuecen con leche de coco y sal. El primero se envuelve en hojas de banano marchitadas al calor y se cuece al vapor durante 30-35 minutos, mientras que para el *suman sa ibos* la mezcla de arroz glutinoso y leche de coco se envuelve suelta en hojas de nipa o palma (*ibós*) y se hierve durante dos horas o hasta que esté bien cocida. En el *suman sa lihiya*, el arroz glutinoso remojado se trata con lejía, se envuelve en hojas de banano y se hierve durante dos horas o hasta que esté bien cocido. El *suman sa ibos* se suele servir con azúcar mientras que el *suman sa lihiya* se sirve con coco rallado y azúcar. Para estas tortas se prefieren los arroces glutinosos de una TG baja. Al arroz glutinoso se añade también arroz glutinoso color púrpura elaborado en húmedo para preparar el *puto bumbong*, en el que la harina de arroz se cuece al vapor en cilindros de bambú. Se utilizan actualmente colorantes alimentarios para conseguir el color púrpura del producto, que se consume también con coco rallado y azúcar. El *palitaw* se hace con una mezcla de arroz glutinoso elaborada en húmedo y aplastada que se echa en agua hirviendo y luego en agua fría hasta que las tortas floten para evitar que se peguen unas a otras. Luego se escurren y se sirven con coco rallado y semilla de sésamo molida. El *espasol* se hace con leche de coco y jarabe de azúcar, a cuyos productos se agrega arroz cocido y luego arroz glutinoso tostado y en polvo. La pasta se enrolla con un rodillo de pastelero y se corta en varias formas. Se rocía polvo de arroz sobre la pasta para evitar que se pegue. Los tamales consisten en arroz tostado y molido y maní, azúcar, especias y carne, todo lo cual se cuece hasta llegar a un punto de espesor suficiente para mantener su forma. Luego se envuelve en hojas de banano y se cuece al vapor durante dos horas.

El pudín de arroz japonés, llamado *uiro*, consiste en harina de arroz glutinoso, almidón de maíz, azúcar, agua y sustancias aromatizantes, todo lo cual se mezcla y cuece al vapor durante 60 minutos a 100°C y se sirve

con cuajada de frijol tierno, té verde, café, cerezas y otras frutas (Juliano y Sakurai, 1985). Para preparar el pudín chino de arroz se emplean arroces de grano corto a medio y de bajo contenido de amilosa. El arroz se cuece en agua hirviendo, se cuela y se mezcla con leche antes de que termine la cocción. Se añaden yema de huevo, azúcar, vainilla y crema ligera con toda una variedad de combinaciones de frutas. En Australia y en Inglaterra lleva más de dos décadas en el comercio el pudín de arroz enlatado con base de leche y añadidura de frutas.

PRODUCTOS DE ARROZ INFLADOS (HINCHADOS, REVENTADOS)

Los arroces hinchados y reventados son cereales tradicionales para el desayuno y los refrigerios (Juliano y Sakurai, 1985). El arroz crudo se hace reventar tradicionalmente calentando arroz cáscara (con 13 a 17 por ciento de humedad) a unos 240°C por 30 a 35 segundos o a 275°C por 40 a 45 segundo o en un baño de aceite a 215 a 230°C. La cáscara contribuye a mantener la presión antes de reventar como lo demuestra el menor porcentaje de reventazón del arroz integral. Las variedades que revientan bien tienen una cáscara compacta, una notable luz entre la cáscara y el arroz integral, y granos sin fisuras cuando están recién recolectados (Srinivas y Desikachar, 1973). Lo compacto de la cáscara, la dureza del grano y el grado de transparencia podrían explicar el 80 por ciento de variación que hay entre 25 variedades de arroz en la expansión que se produce al reventar (Murugesan y Bhattacharya, 1991).

El arroz integral en copos o batido y el arroz elaborado precocido pueden transformarse en arroz hinchado calentándolos en aire caliente o tostándolos en arena caliente (Juliano y Sakurai, 1985; Villareal y Juliano, 1987). Con el arroz elaborado precocido normal, el volumen de hinchado es directamente proporcional a la intensidad del precocido (con un contenido equilibrado de agua del grano macerado antes de la precocción) y resulta máximo para el arroz glutinoso (Antonio y Juliano, 1973). Los arroces hinchados glutinosos y de bajo contenido de amilosa suelen tener un mayor volumen de hinchamiento que los arroces de contenido intermedio a alto de amilosa, sólo cuando los granos están precocidos de forma incompleta o cocidos antes de hervir el aceite (Villareal y Juliano, 1987).

Sin embargo, al aumentar la temperatura y la duración del tostado del arroz cáscara, el arroz rico en amilosa (específicamente un 27 por ciento) da el máximo volumen de hinchado en el tostado del arroz batido (Chinnaswamy y Bhattacharya, 1984). El arroz no glutinoso hinchado y el arroz glutinoso aplastado se caramelizan y moldean, constituyendo alimentos comunes para refrigerio en Filipinas. El *okoshi* es una torta de arroz típica japonesa hecha de arroz quebrado hinchado mezclado y moldeado con jalea de mijo, azúcar y sustancias aromatizantes.

El hinchado con pistola neumática del arroz elaborado húmedo puede considerarse como un hinchado más bien que como un reventado ya que los granos se gelatinizan antes de la expansión. La proporción de expansión es superior para el arroz elaborado glutinoso que para el no glutinoso. La relación de expansión para el arroz elaborado hinchado con pistola neumática o el arroz elaborado precocido e hinchado en aceite o hervido guarda una relación negativa con el contenido de proteína, salvo para los precocidos a una presión de vapor de cero antes del inflado en aceite.

El hinchado continuo por explosión del arroz integral, método desarrollado en el Japón en 1971, se sirve de un tubo calefactor largo por el que pasan dispersos los granos que son transportados por una corriente muy veloz de vapor supercalentado (Sagara, 1988). Después de que se ha calentado el arroz y se ha secado en 3 a 10 segundos, pasa a la atmósfera a través de una válvula rotatoria para explosionar. Se obtiene una proporción de expansión del arroz de 5,4 a una presión de 6 kg/cm^2 y una temperatura de vapor de salida de 200°C. El producto hinchado tiene una digestibilidad del almidón del 94 por ciento después de 15 minutos de hervir. La tiamina no se destruye a 200°C o menos, pero se destruye completamente a una temperatura de vapor de salida de 240°C (Sagara, 1988).

En los países desarrollados, los cereales para desayuno hechos con arroz seco comprenden hojuelas o copos de arroz, arroz hinchado en horno, arroz hinchado por pistola neumática o por extrusión, cereales de arroz desmenuzado, y cereales de varios granos (Brockington y Kelly, 1972; Luh y Bhumiratana, 1980). Son del tipo «listos para comer», en el que el almidón del arroz aporta las propiedades modificadoras de la textura e

imparte también su sabor característico. Entre las propiedades importantes de un cereal listo para el consumo está la de su «duración en taza», es decir, su capacidad de retener la textura y su estado crujiente en la leche mientras se come. Para una duración óptima del producto es decisivo un envasado a prueba de humedad. Mientras en los Estados Unidos se emplean para cereales de desayuno arroces de baja TG y de poco contenido de amilosa, en Filipinas se utilizan arroces de amilosa intermedia y alta, siempre que se controle de forma similar el grado de cocción para obtener un volumen de hinchado aceptable en el grano. La mayoría de los cereales se enriquecen con vitaminas B y con minerales, sobre todo hierro.

PRODUCTOS DE ARROZ COCIDOS AL HORNO

Para los que sufren de enfermedad celíaca, se ha logrado desarrollar un pan con harina de arroz al 100 por ciento y fermentado con levadura, que consiste en 100 partes de harina de arroz, 75 partes de agua, 7,5 partes de azúcar, 6 partes de aceite, 3 partes de levadura comprimida fresca, 3 partes de hidroxipropilmetilcelulosa y 2 partes de sal (Bean y Nishita, 1985). Aunque todos los arroces no glutinosos producen panes de aspecto equivalente, sólo los arroces de TG baja y de bajo contenido de amilosa dan una miga de textura blanda. Los arroces de TG intermedia y de amilosa también intermedia dan unas características de miga seca y arenosa. Sin embargo, entre los arroces de TG baja los de bajo contenido de amilosa dan un volumen de hogaza inferior a los arroces de amilosa intermedia y alta (IRRI, 1976). La harina elaborada en húmedo daba una textura mejor que la elaborada en seco. Una más larga duración en almacén debería mejorar la popularidad de este producto.

Una mezcla en proporción de 3:1 de harina de arroz de grano medio y de bajo contenido de amilosa y de harina de arroz glutinoso utilizada en lugar de la harina de trigo daba unos buenos panecillos para personas sensibles al gluten (Stucy Johnson, 1988).

Para la fabricación de pan en el Japón, por lo general se mezcla un 10-20 por ciento de harina de arroz como diluyente con harina de trigo, según la riqueza de gluten de la harina de trigo (Tani, 1985), y recientemente se ha usado una mezcla que consiste en un 60 por ciento de harina

de arroz, un 30 de harina de trigo y un 10 de gluten vital. En varios países se han desarrollado diluciones análogas de harina de trigo con otras harinas amiláceas, en particular harina de arroz, pero la TG del almidón debe ser preferentemente baja (<70°C) (Bean y Nishita, 1985).

También se ha empleado harina de arroz para confeccionar un pan pakistaní análogo al *roti*, el pan sin levadura plano que se hace comúnmente de harina de trigo (Juliano y Sakurai, 1985). El pan preferido, análogo a un *chapatti* de trigo, se hincha, es semiligero, flexible, uniformemente redondo y firme, pero sin aspereza. En algunas zonas rurales de Sind, para el pan de arroz pakistaní se prefieren arroces rojos, como el Gunja Rojo Enano. A la harina de trigo puede también agregarse harina de arroz en una proporción de hasta un 15 por ciento; la adición de un 21 por ciento de arroz en el *chapatti* da lugar a una textura que sigue siendo aceptable pero difícil de doblar.

Se emplea el almidón pregelatinizado fresco para la preparación de pan sin trigo, en el que el almidón pregelatinizado (16 por ciento en peso) actúa como aglutinante, en lugar del gluten, como en los tallarines de arroz extruidos (Satin, 1988). El método es aplicable a la harina de arroz, pero las propiedades de la corteza no son tan buenas como las del pan de trigo y han de mejorarse. La harina de arroz pregelatinizada seca podría usarse posiblemente para producir este pan con más rapidez, sin problema alguno de gelatinización incompleta del almidón durante la cocción en presencia de sucrosa.

Para las dietas sin trigo se ha desarrollado también una fórmula de torta en capas que contiene un 100 por ciento de harina de arroz (Bean y Nishita, 1985). Consiste de 100 partes de harina de arroz, 80 partes de azúcar, 15 partes de aceite y 5 a 7 partes de levadura en polvo de acción doble. Para esta fórmula se prefieren arroces de TG baja y de contenido de amilosa también reducido; los arroces de TG intermedia y de amilosa intermedia dan una textura arenosa y seca. Debido a que el nivel alto de sucrosa aumenta la TG del almidón, con un 50 por ciento de sucrosa los arroces de TG baja tienen una TG de 80°C mientras que los arroces de TG intermedia tienen una TG de 92°C. Cuando se reduce el nivel de sucrosa para dar una TG de 80°C al arroz de TG intermedia, mejoran el volumen y

contorno de las tortas, pero subsiste la textura arenosa. La hidratación de la harina de arroz mediante una mezcla intensa de harina y agua y el pliegue de la mezcla hidratada mejora la textura y el volumen de la torta (Pérez y Juliano, 1988).

Las tortas de arroz o galletas de arroz cocidas japonesas comprenden el *senbei* y el *arare*. El *arare* es una galleta hecha con arroz glutinoso hervido, molido hasta formar una torta de arroz, almacenado a 2-5°C durante 2 a 3 días para su endurecimiento, cortado, secado con una humedad del 20 por ciento a 45-75°C y luego cocido. El *senbei* es un alimento de refrigerio parecido a la galleta, hecho de harina de arroz no glutinoso cocido, amasado y enrollado en hojas, cortado, secado a 70-75°C hasta un 20 por ciento de humedad, enfriado durante 10 a 20 horas a temperatura ambiente, vuelto a secar a 70-75°C hasta llegar a 10 a 12 por ciento de humedad y cocido a 200-260°C, sin tratamiento de enfriamiento. El *arare* se expande más durante la cocción, produce una textura blanda y puede disolverse fácilmente en la boca. El *senbei* es más duro y áspero. Con la masa de arroz pueden mezclarse, a voluntad, semillas de sésamo, trozos de algas marinas desecadas, maní, camarones pulverizados, queso o especies. Para mezclar el arroz gelatinizado se emplean amasadoras mecánicas por extrusión. La producción de galletas de arroz en el Japón en 1983 fue de 103 000 toneladas de *arare* y 118 000 de *senbei* (Tani, 1985), y en 1987 fue el equivalente a 215 000 toneladas de arroz pardo (Hirao, 1990).

Las tortas o galletas de arroz no glutinoso (*xianggao*) se preparan en China con arroces de contenido de amilosa bajo o alto. La torta de alto contenido de amilosa es más dura, más blanca y más crocante que la de bajo contenido. Un producto análogo de arroz que se confecciona en Filipinas con arroz de amilosa intermedia a alta se denomina *puto seko*. Estas galletas se rompen fácilmente al manipularlas.

ARROZ ENVASADO

En los Estados Unidos, el producto de arroz envasado preferido es de color blanco, con granos separados no pegajosos, un mínimo de exfoliación y de desgaste en bordes y extremos, y un líquido de envasado claro (Burns y

Gerdes, 1985). Los arroces precocidos de grano largo (de amilosa intermedia) son preferidos en la mayoría de las fórmulas de envasado debido a la necesaria estabilidad del arroz cocido. Los arroces de amilosa elevada no precocidos, sobre todo los que poseen una consistencia de gel dura, son también apropiados, pero su textura puede ser demasiado dura. Se recomienda un pH por debajo de 4,6 para el arroz envasado a fin de reducir la contaminación microbiana, pues el arroz envasado en retorta puede no haber sido totalmente esterilizado.

En el Japón, el arroz elaborado de bajo contenido de amilosa con agua, caldo u otro condimento se coloca en envases de lata, se calienta al vapor durante unos 30 minutos y se sella y esteriliza en una retorta a 112°C durante 80 minutos (Juliano y Sakurai, 1985). El arroz envasado se calienta en agua hirviendo durante 15 minutos antes de servirlo. El arroz cocido sazonado se vende fundamentalmente en raciones para cuarteles y como alimento de urgencia. Se emplea arroz de amilosa intermedia para el arroz envasado destinado a los cuarteles en Filipinas. La producción anual de arroz en conserva en el Japón fue de 1 472 toneladas en 1983 pero su popularidad está descendiendo (Tani, 1985), habiéndose producido sólo 1 159 toneladas en 1986 (Iwasaki, 1987). En Taiwan (China) se producen arroces envasados tanto en húmedo como en seco (Chang, 1988). La producción diaria de arroz envasado en húmedo es de 360 000 latas de 340 ml de fácil apertura, pero la producción de arroz envasado en seco es muy limitada. Los arroces envasados en húmedo, denominados normalmente *congee* de arroz, emplean arroz glutinoso y son todos edulcorados; la fórmula más conocida consiste en arroz glutinoso como base, junto con longanes desecados, frijoles rojos, maní, harina de avena y azúcar. Para el arroz frito envasado en seco se emplea arroz de bajo contenido de amilosa.

PRODUCTOS DE ARROZ FERMENTADOS

Se preparan varios vinos de arroz glutinoso fermentando arroz elaborado cocido al vapor con hongos y una levadura (Steinkraus, 1983; Juliano y Sakurai, 1985). Se produce primero un producto dulce, que luego se convierte en alcohol a medida que avanza la fermentación. El líquido se elimina por decantación. Ejemplos de estos vinos son el *lao-chao* chino, el

khaomak tailandés, el *tapai* malayo, el *tape ketan* indonesio y el *tapuy* filipino. Se prefieren los arroces rojos para el *tapuy*, que muchas veces se tuestan antes de cocerlos (Sánchez *et al*, 1989). La conversión en etanol es superior para el arroz glutinoso y de bajo contenido de amilosa que en el caso del arroz de amilosa intermedia y alta durante la producción de *tapuy*; el almidón no digerido consistía principalmente en amilosa (Sánchez *et al.*, 1988). La producción de vino de arroz en Taiwan (China) emplea 67 000 toneladas de arroz elaborado al año y utiliza *Aspergillus oryzae* (para el vino *saho-hsing*) o *Rhizopus* sp. (para el vino *hua-tiao*) para la sacarificación (Chang, 1988). El arroz glutinoso superelaborado (con un 20 por ciento de polvo de salvado de arroz) se lava, se macera en agua, se cuece al vapor, se inocula con esporas de *A. oryzae* y se incuba durante 45 horas a 35-38°C para obtener una levadura de arroz integral de bajo contenido de amilosa.

En los mercados de la mayor parte de los países asiáticos existen levaduras tipo *ragi* (llamadas *bubod* en Filipinas) (Steinkraus, 1983). Suelen consistir en tortas aplastadas redondas y pequeñas (3 a 6 cm) de harina de arroz en las que se han cultivado los microorganismos deseados. Estas tortas se secan al aire o al sol y la deshidratación se produce simultáneamente con el desarrollo de los microorganismos. Estos comprenden el moho, *Rhizopus* sp., o combinaciones de las levaduras esenciales y mohos necesarios para los distintos tipos de fermentaciones alcohólicas.

El arroz es el único sustrato de cereal en el vino de arroz japonés llamado sake (Yoshizawa y Kishi, 1985). La materia prima es arroz muy elaborado (25 a 30 por ciento de polvo de salvado de arroz en peso de arroz integral) con un bajo contenido de amilosa y una TG baja, y con un centro blanco para facilitar la hinchazón, la cocción y la penetración por los micelios de *A. oryzae*. La elaboración excesiva reduce la proteína (5 a 6 por ciento) y los lípidos no amiláceos (0,1 por ciento) y también los niveles de potasio y fósforo. El arroz cocido al vapor se inocula con *koji*, cultivo de *A. oryzae* cultivado en arroz cocido al vapor y mezcla de semillas. La levadura del *sake* se cultiva en arroz cocido al vapor *koji* que contenga 70 ml de ácido láctico por 100 litros de agua a 12°C. Se efectúan

tres adiciones más para mantener la fermentación. En el Japón se empleaban en 1985 unas 500 000 toneladas de arroz elaborado para la fabricación del *sake* (Tani, 1985).

La leche de arroz se ha empleado como sucedáneo de la leche animal y de la leche en polvo, y puede prepararse con harina de arroz hinchado o harina elaborada en húmedo más azúcar y aceite de cacahuete como sustancias aromatizantes. El arroz integral da una leche de mejor calidad que el arroz elaborado, y una fórmula de 3,5 por ciento (p/v) de arroz integral, más un 2 por ciento de aceite de cacahuete y un 7,5 por ciento de azúcar, daba el mejor resultado sensorial (Lin, Shao y Chiang, 1988). La leche de arroz contiene un 87,7 por ciento de humedad, 0,8 de proteína, 0,8 de grasa, 0,1 de fibra cruda, 0,1 de ceniza y 10,4 de carbohidratos, tiene un 11 por ciento de sólidos totales y una viscosidad menor a 3 poise. El empleo de amilasas bacterianas para hidrolizar el almidón puede aumentar el contenido de sólidos de la leche sin incrementar excesivamente su viscosidad (Mitchell, Mitchell y Nissenbaum, 1988).

El *mirin* es una bebida dulce y clara hecha agregando arroz glutinoso cocido al vapor y *koji* al *shochu*, que es una bebida alcohólica parecida a la ginebra obtenida por destilación de un tipo de sake hecho con quebrados de arroz índica. Se deja fermentar la mezcla en presencia de un 40 por ciento de etanol hecho de *shochu*, hasta que el almidón del arroz se convierta en azúcares (dos meses a 25-30°C). Una vez filtrado y tratado con tanino y gluten y vuelto a filtrar, el *mirin* embotellado contiene un 14 por ciento de etanol y un 45 por ciento de azúcar y sirve como bebida (sake endulzado) o para aderezar platos japoneses. La producción en 1986 en el Japón fue de 78 000 hectolitros (Sagara, 1988).

El vinagre de arroz se obtiene de la fase terminal de la fermentación de almidón de arroz; es un producto tradicional japonés y chino (Iwasaki, 1987). La fermentación del ácido acético se realiza mezclando vinagre de simiente con el vino de arroz, y se requieren de uno a tres meses. El producto se deja madurar, se filtra, se pasteuriza y se embotella (Lai, Chang y Luh, 1980). Tiene un 4 a 5 por ciento de acidez total en gran parte como ácido acético, más algunos ácidos lácticos y succínicos. La produc-

ción de vinagre de arroz fue de 40 000 hectolitros en el Japón en 1983 (Tani, 1985) y de 52 000 en 1987 (Sagara, 1988).

El arroz quebrado, junto con la sémola de maíz, constituye un agregado para la fabricación de cerveza en los Estados Unidos y en el Japón (Yoshizawa y Kishi, 1985). Se prefiere el arroz al maíz por su menor contenido de proteína y grasa (<1,5 por ciento). El arroz quebrado se obtiene de la elaboración regular del arroz integral en la mayoría de los países, salvo en el Japón, donde se elabora el arroz quebrado partiendo del arroz integral. El arroz quebrado debe estar exento de la contaminación del salvado para reducir el contenido de proteína y grasa. Se emplean arroces de TG baja y de contenido bajo de amilosa porque los arroces de TG intermedia y de contenido intermedio de amilosa son relativamente resistentes a la licuefacción del almidón. Para maltear no se emplea la semilla de arroz en lugar de la cebada debido a su menor producción de α–amilosa (IRRI, 1988b).

Otros productos de arroz fermentado comprenden el *miso* japonés, el arroz de sierra («amarillo» o «requemado») de América Latina y el *angkak* (*anka*, arroz rojo). El *miso* es un condimento tradicional japonés, pardo y pastoso, preparado a base de *koji* (*A. oryzae*) procedente de arroz elaborado mezclado con soja cocida y desmenuzada, sal y una levadura que es una mezcla de levadura cultivada y bacterias de ácido láctico. Los ingredientes se fermentan a 25-30°C durante 1 a 3 meses en tanques de fermentación cubiertos (Wang, 1980). La proporción arroz:soja es de 2 a 1. El *miso* se emplea principalmente en el Japón como sopa en el desayuno, con una producción en 1986 que ascendió a 471 000 hectolitros (Sagara, 1988). El arroz de sierra o requemado se obtiene de arroz cáscara húmedo fermentado por los microorganismos que están naturalmente presentes al calentarlo hasta 50-70°C. El grano se vuelve amarillo-pardo y fundamentalmente se precuece y se predigiere. El *angkak* puede producirse por el moho *Monascus purpureus* en arroz cocido con una humedad del 35 por ciento y un pH del 6,5 a temperatura ambiente (Dizon y Sánchez, 1984). Se emplea como colorante de los alimentos, como el pescado fermentado (Hesseltine, 1979).

HARINAS Y ALMIDON DE ARROZ

La harina de arroz en el Japón se hace con arroces glutinosos y no glutinosos tanto crudos como gelatinizados, y se fabrica mediante aplanado, machacado, elaborado mecánico, elaborado con piedra, elaborado en un molino lateral de acero o elaborado en húmedo en un molino de piedra. La producción de harina de arroz crudo en el Japón fue de 67 000 toneladas en 1985, además de 140 000 de harina de arroz pregelatinizado (Tani, 1985). En 1987, para la producción de harina de arroz se emplearon 105 000 toneladas de arroz integral (Hirao, 1990).

Para la preparación de té con arroz integral tostado en el Japón se emplearon 23 800 toneladas de arroz no glutinoso y 1 200 de arroz glutinoso en 1985 (Tani, 1985). La producción en 1986 fue de 20 000 toneladas (Sagara, 1988).

Las harinas de arroz ricas en proteínas para la alimentación de la primera infancia pueden obtenerse de arroz elaborado cocido mediante un tratamiento desalmidonante con α–amilasa (Resurrección, Juliano y Eggum, 1978; Hansen *et al.*, 1981). En la producción de un jarabe de arroz de alto contenido de fructosa y de una harina de arroz rica en proteína partiendo de arroz quebrado se ha empleado α–amilasa, glucoamilasa e isomerasa de glucosa; se obtuvo un rendimiento de glucosa del 80 por ciento a base de quebrados (91 por ciento de base amilácea), que se convirtió en un 50 por ciento de glucosa, 42 de fructosa y 3 de maltosa (Chen y Chang, 1984). Se recuperó la harina rica en proteína (28 por ciento de proteína) con un rendimiento del 30-32 por ciento. Otros han obtenido harinas con un 80 por ciento de proteína (Resurrección, Juliano y Eggum, 1978). Las maltodextrinas se producen también a base de harina de arroz elaborado a 80°C empleando α–amilasa estable al calor (Griffin y Brooks, 1989).

La producción de almidón de arroz comprende principalmente la elaboración en húmedo de quebrados con un 0,3-0,5 de hidróxido de sodio para eliminar la proteína (Juliano, 1984). Los quebrados se maceran en una solución alcalina durante 24 horas, y luego elaboran en húmedo con la solución alcalina en molinos cilíndricos, molinos de martillo o desintegradores de piedra. Después de almacenar la masa durante 10 a 24 horas, se elimina la fibra (membrana celular) haciéndola pasar a través de tamices;

el almidón se recoge por centrifugación, se lava totalmente con agua y se seca. La proteína en el efluente puede recuperarse mediante neutralización y la proteína precipitada se emplea como suplemento forrajero.

En la Comunidad Europea se elaboran anualmente unas 8 800 toneladas de arroz quebrado para obtener unas 7 000 de almidón en cinco o seis fábricas de Alemania, Bélgica, Italia y los Países Bajos (Kempf, 1984). Este producto se emplea exclusivamente en la alimentación humana, en gran parte para alimentos de bebés y también en tallarines extruidos. Egipto, Siria y Tailandia producen también almidón de arroz.

SALVADO DE ARROZ Y ACEITE DE SALVADO DE ARROZ

El salvado de arroz ha sido una fuente sumamente popular de fibra dietética debido a la propiedad hipocolesterolémica de su fracción de aceite. Se ha hecho disponible el salvado de arroz estabilizado con el empleo del extrusor Brady en los Estados Unidos para estabilizar el salvado de grasa total, inactivando su lipasa (Saunders, 1990). Está encontrando aplicación en cereales para desayuno, alimentos para refrigerio y productos de panificación. Se ha incorporado el salvado de arroz estabilizado al pan de trigo integral, molletes, pastelillos de mantequilla de cacahuete y pastelillos de harina de avena hasta en un 20 por ciento. El contenido de azúcar de un 3 a 8 por ciento en el salvado de arroz puede contribuir también al dorado en el horno. Su alta capacidad de absorción de agua ayuda a mantener la humedad y el frescor, y por lo tanto mejora su duración en almacén. Su capacidad de hacer espuma contribuye a la incorporación de aire y a la adición de levadura.

En el Asia tropical, para las aplicaciones alimentarias del salvado de arroz habrá que esperar la reducción de la contaminación del salvado de arroz por la cáscara, que deriva del empleo de molinos Engelberg. Sin embargo, el salvado de arroz estabilizado es un buen pienso para aves de corral ya que su inhibidor de la tripsina ha sido inactivado con la cocción por extrusión.

La producción de aceite de salvado de arroz fue de unas 679 000 toneladas en 1990 (datos de la Dirección de Estadística de la FAO) o de un

13 por ciento de producción potencial partiendo de un 7 por ciento de salvado de arroz cáscara, un 15 por ciento de recuperación de aceite del salvado y una producción de arroz mundial de 507 millones de toneladas. Los productores principales de aceite de salvado de arroz son la India (370 000 toneladas), el Japón (83 000 toneladas) y China, incluida Taiwan (122 000 toneladas).

El aceite de salvado de arroz tiene un valor de yodo (número de absorción) de 92 a 115 y contiene un 29 a 42 por ciento de ácido linoleico y un 0,8 a 1,0 de ácido linolénico (Jaiswal, 1983). Se considera un aceite para ensaladas rico en vitamina E y en varios esteroles de plantas (Juliano, 1985b).

TIPOS PREFERIDOS PARA LOS PRODUCTOS DE ARROZ

La mayoría de los productos de arroz tienen un tipo preferido de arroz según el contenido de amilosa que se corresponde con el tipo de arroz preferido para el consumo de arroz hervido en el país (Cuadro 45). Para el arroz precocido se emplean todos los tipos de arroz, pero en Tailandia y los Estados Unidos se utilizan normalmente los arroces de contenido intermedio y alto de amilosa. En Bangladesh, la India, el Pakistán y Sri Lanka se emplean arroces de alto contenido de amilosa. Los arroces envasados, precocinados, de cocción rápida, los productos de arroz expandidos, los cereales de arroz y los refrigerios a base de arroz son del tipo de arroz hervido preferido. Se prefieren los arroces de TG baja para los productos fermentados, pues el almidón del arroz puede gelatinizarse a 70°C y necesita menos enfriamiento antes de la inoculación. Para los productos de arroz se prefiere arroz muy elaborado o de bajo contenido de grasa, de ser posible recién elaborado, para reducir al mínimo los olores a rancio. Se prefieren los arroces glutinosos para postres y dulces debido al menor índice de endurecimiento del almidón del arroz hervido o cocido al vapor.

EFECTO DE LA ELABORACION EN EL VALOR NUTRITIVO

Los procesos térmicos pueden repercutir en las propiedades de la proteína y del almidón (Cuadro 46). En el Capítulo 5 se analizaron los efectos del hervido y la precocción. El arroz amarillo que resulta de las quemaduras

CUADRO 45

Productos de arroz elaborado y tipo de amilosa preferido

Producto	Tipo de amilosa				Otras propiedades
	Glutinosa	Baja	Intermedia	Alta	
Arroz sancochado[1]	+	+	⊗	⊗	
Arroz sancochado de cocción rápida[1]	+	+	+	+	
Arroz envasado[1]	+	+	+	+	
Productos expandidos de arroz	+	+	+	+	El contenido de amilosa no es un elemento importante
Cereales y refrigerios	+	+	+		Poca grasa. En la textura influye el contenido de amilosa
Alimentos cocidos por extrusión		+	+	+	Poca grasa
Alimentos para niños		+	+		Poca grasa
Harina y almidón	+	+	+	+	Elaboración en húmedo, recién elaborado
Pudines y panes		+	+	+	TG baja
Tortas	+	+	+		TG baja, envejecido (para tortas fermentadas)
Tallarines planos y papel		(+)	⊗		
Tallarines extruidos				+	Consistencia dura del gel
Vinos	⊗	⊗	+	+	Baja proteína y grasa. Mayor rendimiento de etanol para amilosa glutinosa y baja
Auxiliar de fermentación		+			TG baja y poca grasa
Alimentos fermentados (*idli, dosai*)				+	Sancochado
Salsas congeladas, postres, dulces	+	+			Retrogradación lenta (sinéresis)

[1] Tipo de amilosa preferido en base al tipo de arroz crudo preferido.
⊗ Tipo de amilosa preferido
Fuente: Julien e Hicks, 1992.

por apilado del arroz cáscara húmedo tiene un contenido de lisina y una UNP menor que el arroz normal (Eggum *et al.*, 1984). No sufre ningún efecto la cistina y el triptofano. La cocción por extrusión reduce los niveles de lisina y de cistina pero no el triptofano, y reduce también la UNP del arroz elaborado (Eggum *et al.*, 1986). Durante la cocción del arroz por extrusión se observa sulfuro de hidrógeno. Otros procesos térmi-

nos descomponen la lisina (IRRI, 1984a; Juliano, 1985a), salvo el hinchado con pistola neumática, que repercute en la cisteína (Villareal y Juliano, 1987). La fase siguiente de tostado es probablemente donde se produce la descomposición de la lisina (Khan y Eggum, 1979; Chopra e Hira, 1986). Los residuos de triptofano en las proteínas alimentarias modelo son más estables durante la elaboración y el almacenamiento que la metionina y la lisina (Nielsen *et al.*, 1985).

La fermentación de la masa de arroz reduce el contenido de fitato, que es del 0,45 por ciento, en un 45 por ciento después de un día, en un 74 por ciento después de dos días y en un 80 por ciento después de tres días (Marfo *et al.*, 1990). Se señala también la hidrólisis del fitato de leguminosa durante la fermentación del *idli*.

ENRIQUECIMIENTO

La finalidad que se persigue con el enriquecimiento del arroz es restablecer en el arroz elaborado los niveles de vitaminas B y minerales que quedan eliminados del grano durante la elaboración. Técnicamente es más difícil que el enriquecimiento de la harina de trigo pues el arroz se consume como grano entero. Los métodos tradicionales incluyen el sancochado, el arroz sancochado en ácido (1 por ciento de ácido acético), el arroz enriquecido con tiamina, el arroz recubierto, el arroz artificial, el arroz enriquecido con dibenzoil-tiamina y el arroz enriquecido con varios nutrientes añadiendo una mezcla enriquecida de nutrientes (Mickus y Luh, 1980; Misaki y Yasumatsu, 1985). En este último método, el arroz elaborado se remoja en una solución de ácido acético de vitaminas hidrosolubles como tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico y piridoxina; se calienta al vapor, se seca, se reviste por separado con diferentes capas de vitamina E, calcio e hierro, y luego con un material de revestimiento protectivo y un colorante alimentario natural para impedir la pérdida del nutriente con el lavado. Los niveles de nutrientes son los del arroz integral y este arroz enriquecido se mezcla con arroz elaborado en la proporción de 1:200. Sólo se pierde el 10 por ciento de los nutrientes en el lavado ordinario antes de la cocción y otro 10 por ciento en la cocción.

Los estudios de vanguardia hechos sobre el terreno de 1948 a 1950 para

el enriquecimiento del arroz en la provincia de Bataan, Filipinas, demostraron que el enriquecimiento del arroz era práctico, produciendo unas reducciones sorprendentes en la incidencia del beriberi en las zonas donde se introdujo (Salcedo *et al.*, 1950; Williams, 1956).

Los obstáculos que se oponían a una introducción satisfactoria del arroz enriquecido por el método de mezcla enriquecida de nutrientes comprenden (FAO, 1954):

- el costo de la mezcla importada;
- la dificultad de asegurar que en el molino esa mezcla previa se agregue al arroz elaborado en la proporción correcta;
- el costo ligeramente mayor del arroz enriquecido frente al del arroz ordinario, lo que repercute en su venta a los grupos de ingresos más bajos;
- las pérdidas de las vitaminas agregadas que pueden darse cuando el arroz enriquecido se cuece en agua excesiva, que luego se tira, según la práctica corriente en algunos países consumidores de arroz;
- cuestiones relativas a las calidades y análisis, sobre todo del arroz importado, y,
- la falta de conocimientos sobre pérdidas, durante el almacenamiento, de los nutrientes agregados.

La semielaboración se ha empleado para retener las vitaminas B en el arroz elaborado, pero la duración en almacén de este arroz poco elaborado es más breve que la del arroz elaborado y el producto es menos blanco (FAO, 1954). Algunos consumidores vuelven a elaborar dicho arroz para eliminar la capa exterior rancia y darle más blancura, con una pérdida concomitante de vitaminas B. Se ha empleado también el arroz elaborado para programas de enriquecimiento con vitamina A en Filipinas y Tailandia además del enriquecimiento con vitamina B (Gershoff *et al.*, 1977). Los resultados de complementar a nivel campesino el arroz con lisina, treonina, tiamina, riboflavina y vitamina A para niños de edad preescolar en Tailandia no fueron concluyentes por lo que respecta al enriquecimiento con lisina y treonina.

Capítulo 7

Retos y perspectivas

LA DEMANDA EN FUNCION DEL RITMO DE CRECIMIENTO DEMOGRAFICO

La población mundial, estimada en 5 000 millones de habitantes en 1990, alcanzará, según previsiones, los 8 000 millones para el año 2020, y en los países menos adelantados pasará de 3 700 millones a 6 700 millones en el mismo período. Los actuales 2 100 millones de consumidores de arroz en los países en desarrollo alcanzarán los 3 700 millones en el año 2020 (IRRI, 1989).

Para poder atender al crecimiento proyectado de la demanda de arroz, dejando margen para su sustitución por otros alimentos a medida que aumentan los ingresos, la producción de arroz de 1988, cifrada en 490 millones de toneladas, tendrá que aumentar a 556 millones de toneladas para el año 2000 y a 758 millones para el 2020, con un aumento del 65 por ciento (1,7 por ciento anual) (IRRI, 1989). Sin embargo, para los principales países cultivadores de arroz de Asia meridional y sudoriental, el aumento necesario en la producción de arroz para el año 2020 es de un 100 por ciento (2,1 por ciento anual).

CONSIDERACIONES AMBIENTALES

Ha habido una creciente preocupación por el aumento de la producción de arroz en el mundo, que ha llegado a un cota máxima y que está comenzando a bajar, según previsiones a largo plazo (IRRI, 1990b). La comparación de datos procedentes de campos de los agricultores y de estaciones experimentales en Filipinas, Indonesia y Tailandia ha confirmado que los potenciales de rendimiento se están estancando y que hay una menor diferencia entre rendimientos agrícolas potenciales y efectivos. Hay también pruebas fuertes, aunque no terminantes, de que los rendimientos y la productividad del

arroz están disminuyendo más que los del trigo en los sistemas de cultivo combinado de arroz y trigo. La deficiencia de zinc y la respuesta de los rendimientos al fósforo, además de al nitrógeno, es ahora más común.

Las tendencias actuales de producción tienen en cuenta la estabilidad y la sostenibilidad ecológica de la producción de arroz, su viabilidad y equidad económica. Por consiguiente, los fertilizantes orgánicos como la leguminosa *Sesbania* spp., y la fijación biológica del nitrógeno con plantas acuáticas como *Azolla* y *Anaebena* spp., están siendo objeto de atención para sustituir en parte a los fertilizantes de nitrógeno inorgánicos. La eficiencia de la utilización de fertilizantes de nitrógeno es sólo de un 40 a 50 por ciento debido a la volatilización del amoníaco, a la nitrificación y a la desnitrificación, a la lixiviación y al avenamiento superficial. Las pérdidas podrían reducirse a un mínimo empleando fertilizantes de aplicación lenta y de administración regulada (De Datta, 1989). La colocación profunda, a mano o a máquina, también ha registrado posibilidades prometedoras aunque los ensayos hechos con la colocación mecánica profunda no han dado resultados congruentes. Sería necesario volver a estudiar el tiempo óptimo de aplicación repartida de fertilizantes nitrogenados con las variedades actuales de duración breve. En un reciente estudio (Conway y Pretty, 1988) se da a entender que hay escasísimo peligro real para la salud y la contaminación del medio ambiente por el empleo de fertilizantes en los países en desarrollo.

Se está introduciendo la lucha integrada contra las plagas para reducir al mínimo el empleo de plaguicidas y el consiguiente problema de contaminación. El empleo vertiginoso de insecticidas en las zonas arroceras, a lo largo de las décadas de 1960 a 1980 inclusive, no se ha visto compensado con mejoras generales en la lucha contra las plagas de insectos (IRRI, 1984b). Entre las consecuencias nada deseables se han contado la reaparición de plagas, la resistencia múltiple de las grandes plagas a los insecticidas en las zonas de gran empleo, la destrucción de comunidades de enemigos naturales, la reducción drástica del pescado como fuente local de proteínas, y los aumentos perturbadores del envenenamiento de seres humanos y de animales de granja. Un marco para una protección agrícola estable a largo plazo debería basarse en las tácticas de control primario de la resistencia varietal, controles culturales y controles biológicos. Cuando tales tácticas de control

no aporten protección suficiente, podrían aplicarse insecticidas en función de las poblaciones de plagas y niveles de daño económico. La prohibición del empleo persistente de plaguicidas en la mayoría de los países productores de arroz ha reducido notablemente el problema de los residuos de plaguicidas y de la contaminación. Por ejemplo, se ha encontrado que el residuo de carbofurano estaba por debajo del límite de tolerancia de 0,2 ppm en el arroz cáscara de plantas tratadas con 0,5-1,0 kg/ha de ingrediente activo por diversos métodos (Seiber *et al.*, 1978). Los niveles de plaguicidas organofosfatados totales en la escorrentía del agua de riego de la explotación IRRI en 1987-88 fueron bajos (al nivel de ppb) por término medio, y no se detectaron plaguicidas organoclorados (IRRI, 1988b).

Los problemas de orden ambiental relativos a la producción de arroz incluyen cambios de clima a nivel mundial: aumentos en el dióxido de carbono de la atmósfera, metano y óxido nitroso, y una reducción del ozono de la estratosfera con un aumento consiguiente de la radiación por rayos ultravioleta B que conlleva la retención de la radiación solar en la superficie terrestre (el efecto invernadero) y el aumento de la temperatura mundial. Se ha afirmado que los arrozales son los principales generadores de metano y de óxido nitroso y se están realizando estudios para comprobar estas observaciones (IRRI, 1990a).

La pérdida de suelo en el 13 por ciento de la superficie arrocera que corresponde a las tierras de montaña (18 millones de hectáreas) se estima en 2 a 4 cm/año o el equivalente a 200 a 400 t/ha/año en los sistemas agrícolas de campo abierto del Asia sudoriental (IRRI, 1990b). Como muestra indicativa de este problema está el hecho de que los principales ríos de Asia sudoriental arrastran diez veces más sedimento al mar que los sistemas fluviales de otras partes del mundo.

La degradación de la tierra provocada por el agua comprende la saturación hídrica y el desarrollo de salinidad como consecuencia del empleo intensivo de terrenos en condiciones de riego, y además la sedimentación excesiva por residuos de minas, así como la contaminación industrial que influye en la productividad de la tierra (IRRI, 1990b). La ordenación del riego con miras a unos sistemas sostenibles de producción es de absoluta necesidad, e incluye la ordenación de las aguas para suelos de bisulfato y el refuerzo de

la productividad de las zonas salinas costeras. En explotaciones que no son de riego, la conservación del agua de lluvia para estabilizar el rendimiento y aumentar la productividad mediante un embalse de un 7 por ciento de la zona agrícola resulta útil en las zonas bajas de secano propensas a la sequía.

La malaria, la esquistosomiasis y la encefalitis japonesa son enfermedades importantes transmitidas por vectores relacionados con la producción de arroz en los países en desarrollo (IRRI, 1988a). Los agentes causales guardan una asociación directa o indirecta con los ambientes acuáticos. El mosquito es el agente infectivo de la malaria y del virus de la encefalitis. Las especies de caracoles actúan de huéspedes intermedios para los parásitos de la esquistosomiasis, las cercarias, que nadan libremente en el agua contaminada una vez que los han soltado los caracoles.

MAYOR POTENCIAL DE RENDIMIENTO

Más del 60 por ciento de la superficie arrocera del mundo se halla sembrada actualmente de variedades de tipo mejorado. Desde la introducción de las variedades mejoradas a mediados del decenio de 1960 –cuando los esfuerzos se encaminaron a incorporar la resistencia a las enfermedades e insectos, abreviar la duración del crecimiento y mejorar la calidad del grano– ha habido pocas mejoras en el potencial de rendimiento. El rendimiento está en

El arroz de riego de siembra directa, la planta del futuro, junto al tipo tradicional y al semienano



función de la materia seca total y del índice de recolección (panícula/ panícula y paja). Las variedades semienanas tienen un índice de recolección de un 0,45 a 0,50, en contraste con un 0,3 a 0,4 de las variedades altas tradicionales (Yoshida, 1981). Se hacen esfuerzos por mejorar su índice de recolección a un 0,6 y aumentar así los rendimientos. Las variedades modernas tienen de 20 a 25 hijuelos o tallos, de los que sólo unos 15 a 16 producen pequeñas panículas con unos 100 a 120 granos. Se está tratando de reproducir arroz con sólo 4 a 5 hijuelos fértiles pero con panículas grandes de unos 250 granos para así conseguir un rendimiento máximo de 13 t/ha en comparación con el rendimiento máximo de 10 t/ha de las variedades actuales (IRRI, 1989). Estos arroces han de tener tallos robustos para sostener grandes panículas, hojas de color verde oscuro erectas y anchas, un sistema radicular fuerte y deben tener una altura de 90 cm. El tipo de planta que se pretende tendrá que tratarse de distinta forma a los actuales arroces modernos de ahijamiento alto que se han desarrollado en condiciones de trasplante, y será más idónea para la siembra directa. La diversificación genética del arroz tropical se aumenta al cruzarlo con arroces japónica y con especies silvestres mediante una hibridización amplia.

La resistencia a la sequía es importante, especialmente en los arroces de montaña y de tierras bajas de secano. Factores como la profundidad del sistema radicular, el grado de cierre estomatal y la resistencia cuticular al vapor de agua intervienen en las diferencias varietales de resistencia al estrés por escasez de agua.

Los arroces de aguas profundas o flotantes tienen la capacidad de alargar sus internudos para ajustarse al aumento del nivel del agua. En los deltas, estuarios y valles fluviales de Bangladesh, Camboya, la India, Indonesia, Myanmar, Tailandia y Viet Nam, donde las aguas de inundación alcanzan anualmente profundidades de 0,5 hasta 5 metros, predominan condiciones de aguas profundas. Algunos de estos arroces muestran también resistencia a la sequía. La tolerancia al frío en la fase de siembra, ahijamiento o madurez reviste importancia en las zonas de montaña y regiones de colina en países como Bangladesh, la India, Indonesia, Nepal y Filipinas, donde los arroces semienanos amarillean y mueren o se atrofian debido a las bajas temperaturas del aire ambiental o del agua de riego. Sin embargo, en las regiones

cálidas, como las del sur de Irán, el Pakistán y el Senegal, la esterilidad constituye el verdadero problema debido principalmente a la mala dispersión y viabilidad del polen.

No se han desarrollado variedades modernas que resistan totalmente: 1) a los suelos de bisulfato en regiones de la India, Viet Nam, etc., 2) a los suelos salinos en las zonas desérticas interiores de partes de la India y el Pakistán, y a la sal de las aguas salobres de las regiones costeras, 3) a los suelos alcalinos y 4) a los suelos orgánicos (histosoles). La toxicidad por el hierro y las deficiencias de hierro, zinc y fósforo son problemas graves de los suelos.

Las pérdidas a causa de insectos, enfermedades y malas hierbas en los distintos países de la región van del 10 a más del 30 por ciento. Debido al rápido quebranto de la resistencia de genes dominantes singulares de plantas del arroz a las plagas de insectos (alrededor de 3 años para el gen resistente a la cicadela marrón del arroz *Bph1*), una resistencia moderada duradera constituye una prioridad importante para regular la presión de selección sobre las plagas de insectos, de suerte que no se desarrollen rápidamente cepas resistentes a la variedad por mutación, deriva genética (proceso por el cual las subpoblaciones menores mantienen subseries aleatorias de la variación genética total), migración o selección. Hacen falta más estudios genéticos sobre poblaciones de insectos para saber hasta qué punto la variación genética en cuanto a su capacidad de alimentarse de variedades resistentes difiere entre las subpoblaciones. Para controlar la resistencia, hay que comprender en qué forma tanto las poblaciones como las regiones difieren realmente en variación genética para vencer la resistencia. Entre las soluciones figuran el formar pirámides de dos o más genes resistentes, métodos plurilineales y resistencia horizontal. Se están utilizando cruces amplios con especies silvestres de *Oryza* para incorporar genes resistentes procedentes de arroces silvestres. Es menester practicar la misma estrategia para todos los genes resistentes a las plagas.

Un factor tan importante como la viabilidad de las semillas es probablemente el vigor de éstas, que suele deteriorarse durante los pocos meses que siguen al almacenamiento de la semilla después de la recolección, según la variedad, y que da lugar a una masa inicial desigual del cultivo de arroz,

especialmente en la siembra directa (Seshu, Krishnasamy y Siddique, 1988). Este factor es de especial importancia para el arroz de riego de siembra directa, en que el grano pregerminado se planta en surcos por lo menos a una pulgada por debajo de la superficie del suelo inundado. Para aumentar la productividad global se debe tener en cuenta no sólo el arroz sino todo el sistema arrocero de Asia para determinar cuáles serán las mejores prácticas para cada región.

BIOTECNOLOGIA DEL ARROZ

El Programa Internacional sobre Biotecnología del Arroz que lleva a cabo la Fundación Rockefeller, creado en 1984, tiene como objetivos: asegurar que las nuevas técnicas para la mejora genética de los cultivos basadas en los adelantos registrados en biología molecular y celular se desarrollen también para el arroz; favorecer la transferencia de esas tecnologías a los programas de genética arrocera en el mundo en desarrollo para producir variedades mejoradas que sirvan a esas necesidades prioritarias; y contribuir a crear la capacidad de investigación científica necesaria para continuar el desarrollo y la aplicación de nuevas tecnologías de mejoramiento genético del arroz en determinados países en desarrollo (Toenniessen y Herdt, 1989). Sus actividades comprenden una hibridización general para transferir rasgos útiles de parientes silvestres al arroz cultivado, y el desarrollo de una base científica y de instrumentos de biotecnología. Estos consisten en el desarrollo de mapas genéticos y de marcadores basados en secuencias de ADN clonadas; en técnicas de protoplasma como vehículo para varias manipulaciones genéticas; en técnicas de transformación genética, clonado y caracterización de genes del arroz; en instrumentos de diagnóstico para el estudio de la interacción huésped-patógeno; y en genes nuevos para el mejoramiento del arroz. Entre los genes nuevos que se estudian para mejoramiento del arroz figuran genes virales como un gen proteínico de revestimiento que dé resistencia contra la virosis de las hojas, toxígenos del *Bacillus thuringiensis* para resistir al perforador amarillo del tallo y otras plagas de insectos, y genes del trigo para inhibidores de la amilasa del gorgojo del arroz. La finalidad que se persigue es producir plantas transgénicas con esos genes útiles para comunicar resistencia o tolerancia a las

plagas o enfermedades y a los estrés ambientales, y así asegurar unos rendimientos altos y estables.

Se está tratando de incorporar en el grano de arroz el gen Y_1 del maíz (β-caroteno del endospermo) (Buckner, Kelson y Robertson, 1990) o un gen carotenoide de provitamina A (por ejemplo, fitoneno del tomate) (Cheung y Kawata, 1990) para reducir la incidencia de la avitaminosis A en Asia (véase el Capítulo 2). Sin embargo, se prefiere un precursor no pigmentado para evitar la objeción del consumidor al arroz de endospermo amarillo, como sucede con el maíz blanco y el amarillo. Los genes para la síntesis de los carotenoides están presentes en el arroz, lo mismo que en todas las plantas fotosintéticas, pero se manifiestan en el tejido fotosintético y no en el endospermo.

Los inhibidores de la α–amilasa de los insectos presentes en el maíz y el trigo, especialmente el gorgojo del arroz, están siendo objeto de examen para su posible incorporación al grano de arroz con objeto de mejorar su duración en almacén y reducir las pérdidas de almacenamiento. La orizacistatina también inhibe las enzimas digestivas del gorgojo del arroz (la proteasa hidrosulfurosa) y está siendo objeto de estudio (Reeck, Muthukrishnan y Kramer, 1990).

Se está introduciendo en el arroz el gen de la glutelina del trigo, que interviene en la calidad de la panificación (MacRitchie, du Cros y Wrigley 1990). Su efecto en el contenido de proteína del grano y en la calidad de las plantas de arroz transgénicas puede ser interesante. En el endospermo del tabaco transgénico se acumula un gen de glutenina de trigo, de peso molecular elevado, aproximadamente 0,1 por ciento de la proteína total del endospermo (Robert, Thompson y Flavell, 1989). La introducción del gen de α–amilosa de la cebada puede también mejorar el vigor de la semilla y el malteado del grano del arroz.

MUTANTES DEL ALMIDON

Se han inducido mutantes del almidón de los arroces japoneses mediante el tratamiento de sasanishiki con sulfonato de etilmetano, o de Norina 8 con rayos ^{32}P beta, o tratamiento de células de huevo fertilizados de Kinmaze con *N*-metil-*N*-nitrosourea (Omura y Satoh, 1984; Juliano *et al.*, 1990). Esos

mutantes se han transferido al IR36 mediante dos retrocruzamientos. Los mutantes *azucarados* contienen fitoglicógeno y tienen un alto contenido de azúcares libres. Los mutantes *contraídos* tienen un bajo contenido de almidón. Tanto unos como otros dan un arroz integral rugoso, pero el endospermo es duro en los primeros y blando en los segundos (Omura y Satoh, 1984). El grano *harinoso* tiene un endospermo blando yesoso. Los mutantes *inertes* contienen un 2 a 14 por ciento de amilosa en almidón, cifra mayor que el almidón del arroz glutinoso (0 a 2 por ciento de amilosa) y tienen un endospermo duro (blanco de lápida). Los mutantes diluentes *de amilosa* (*Ae*) contienen gránulos de almidón de forma irregular, característicos del almidón del maíz de alto contenido de amilosa. Los mutantes basados en el IR36 tenían unos granos más ligeros y de menor densidad que el IR36, y tenían también un contenido de amilosa mayor que los mutantes del arroz japonés original, salvo por lo que respecta a los mutantes *inertes* (Juliano *et al.*, 1990).

Los mutantes diluentes de amilosa basados en el IR36 tienen un contenido de amilosa aparente del 40 al 42 por ciento y una TG de 73 a 80°C (Juliano *et al.*, 1990). Su contenido de lisina en la proteína es mayor que el del IR36 en un 0,8 por ciento en el arroz pardo y en un 0,5 por ciento en el arroz elaborado (Juliano *et al.*, 1990). El mutante *Ae* del maíz también tenía un contenido de lisina superior en su proteína (Glover *et al.*, 1975). Estes mutantes *Ae* y otros mutantes amiláceos del endospermo tienen unas estructuras por electroforesis del gel de la poliacrilamida SDS idénticas a las variedades antecesoras (IRRI, 1983b; IRRI, datos inéditos, 1990).

MUTANTES DE LA PROTEINA

Los mutantes de mayor contenido de lisina producidos por tratamiento de los arroces de Estados Unidos con S-2-aminoetil-L-cisteína (Schaeffer y Sharpe, 1983) tenían un 0,5 por ciento más de lisina en la proteína del grano, y un porcentaje de proteína más alto en el grano, pero también un grano más ligero y un contenido de lisina que no era superior al de su antecesor (Juliano, 1985a). Este aumento del 0,5 por ciento también se reflejaba en la selección del banco de germoplasma del arroz en cuanto a contenido de lisina (Juliano, Antonio y Esmama, 1973). Los mutantes *Ae* del IR36 también tenían un 0,5

CUADRO 46

Efecto del tratamiento y de la elaboración por calor en el contenido de lisina y cistina y utilización neta de la proteína del arroz en ratas en crecimiento

Método de elaboración	Reducción porcentual en			Referencias
	Lisina	Cistina	UNP	
Hervido, 20 minutos	1-3	0	0	Eggum, Resurrección y Juliano, 1977
Sancochado a presión (20-60 minutos, 120 C, 35 por ciento H_2O)	0	0	0	Eggum *et al.*, 1984
Extrusión de tallarines (35 por ciento H_2O, 55 C)	0-3	–	–	Khandker *et al.*, 1986
Cochura (220-230 C, 7-10 min.)	0		0	Khan y Eggum, 1978
Envejecimiento acelerado (100 C, 3 h, sellado)	3		–	IRRI, 1984a
Tostado	5		–	IRRI, 1984a
Quemaduras por apilado (H_2O, <100 C)	9-18		6-12	Eggum *et al.*, 1984
Amarilleo inducido (60 C, 4 días, sellado)				
25-26 por ciento H_2O	14-18		–	IRRI, 1984a
14 por ciento H_2O	9		–	IRRI, 1984a
Arroz integral reventado (207 C, 45 s)	16-17		–	IRRI, 1984a
Harina cocida por extrusión (15 por ciento H_2O, 150 C, 45 bars)	11	21	7-8	Eggum *et al.*, 1986
Arroz elaborado hinchado por pistola (200-210 C)	0	48	–	Villareal y Juliano, 1987
Arroz cocido al vapor y elaborado hinchado comercial	37	–	–	IRRI, 1984a
«Krispies» de arroz comerciales	53	–	41	Khan y Eggum, 1979
Tostado (220-280 C, 2-2,5 min.)	69	–	61	Chopra e Hira, 1986

por ciento más de lisina en su proteína que el IR36 (Juliano *et al.*, 1990).

Se inició un programa de selección de mutantes para los compuestos proteínicos del arroz almacenado, que se hallan ubicados en el endospermo amiláceo. Estos compuestos proteínicos son de dos tipos: cristalinos (CP II) que son ricos en glutelina, y esféricos grandes (CP I) que son ricos en

prolamina (véase el Capítulo 3). La glutelina tiene un mejor porcentaje de aminoácidos que la prolamina, salvo la subunidad menor de la prolamina (véase el Cuadro 17). Por lo tanto, la finalidad del programa de selección fue mejorar la calidad nutricional de la proteína del arroz aumentando la proporción de proteínas CP II, o reduciendo la proporción de proteínas CP I (Kumamaru *et al.*, 1988). Se identificaron varios mutantes que satisfacían esos criterios, y se aislaron y caracterizaron sus CP (Ogawa *et al.*, 1989).

También se volvieron a verificar los híbridos de arroz/sorgo y arroz/trigo de China para ver su composición de aminoácidos, especialmente de lisina, debido a que la proteína del arroz es más rica en lisina (3,5 a 4 por ciento) que la del sorgo (1 a 2 por ciento de lisina) y la del trigo (2 a 3 por ciento). El contenido de lisina de cuatro híbridos de arroz elaborado/sorgo de 3,1 a 3,6 g/16,8 g N estaba más próximo al arroz que al sorgo (IRRI, 1980). Una muestra elaborada de híbrido de arroz/trigo arrojó 4,1 de lisina/16,8 g N con un 10,8 por ciento de proteína, y una estructura por electroforesis del gel de la poliacrilamida SDS característica de la glutelina de arroz elaborado (IRRI, 1983a).

Los estudios realizados sobre la biosíntesis de las proteínas de almacenamiento en el desarrollo de semillas del arroz (Yamagata *et al.*, 1982) indican que de un gen ancestral común se han desarrollado una glutelina del arroz y una glicinina de la soja (Higuchi y Fukazawa, 1987). Los biólogos moleculares estudian la biosíntesis de la proteína para reforzar la biosíntesis de la glutelina y de esa forma mejorar la calidad nutricional de la proteína del arroz. Otra solución es suprimir la biosíntesis de los polipéptidos de prolamina, que son bajos en lisina (véase el Cuadro 17), como lo es la subunidad de prolamina 10 kd, que probablemente interviene en las sustancias proteínicas indigeribles CP I del arroz cocido.

OTROS MUTANTES

Los mutantes de embriones gigantes tienen un embrión que tiene de dos a tres veces el tamaño normal y un contenido mayor de lípidos en el arroz integral que llega al 4 por ciento en comparación con el 2,5 (Omura y Satoh, 1984). Algunos mutantes tienen una capa de aleurona más espesa (>50 µm en comparación con la normal de 30 µm), lo que se considera un medio

posible de aumentar el contenido de lípidos del grano de arroz. Una gran variedad de mutantes de embriones Hokkai 269 tiene un 14 por ciento de salvado en comparación con el 7 por ciento del arroz común, pero también un contenido menor de aceite en el salvado del 18 por ciento respecto del 21 a 22 por ciento del salvado común (A. Nagao, Instituto Nacional de Investigaciones Alimentarias, Tsukuba, comunicación personal, 1990).

Bibliografía

Adair, C.R. 1972. Production and utilization of rice. *En* D. F. Houston, ed. *Rice chemistry and technology*. St. Paul, MN, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem., págs. 1-5.

Antonio, A.A. y Juliano, B.O. 1973. Amylose content and puffed volume of parboiled rice. *J. Food Sci.*, 38: 915-916.

Aoe, S., Ohta, F. y Ayano, Y. 1989. Effect of rice bran hemicellulose on the cholesterol metabolism in rats. *Nippon Eiyo Shokuryo Gakkaishi*, 42: 55-61.

Autret, M., Perisse, J., Sizaret, F. y Cresta, M. 1968. Valor proteico de distintos tipos de alimentación en el mundo: su aptitud para la complementación. *Noticiario de Nutrición* (FAO), 6(4): 1-29.

Ayano, Y., Ohta, F., Watanabe, Y. y Mita, K. 1980. «Dietary fiber» fractions in defatted rice bran and their hipocholesterolemic effect in cholesterol-fed rats. *Eiyo To Shokuryo*, 33: 283-291.

Bandara, J.M.R.S. 1985. Study on the relationship between fermented odour, presence of bran and mould in parboiled rice, and aflatoxin content in Sri Lanka. *Rice Grading, Inspection and Analysis*. Actas del Seminario regional FAO/PNUD, Lahore y Karachi, Pakistán, 11-18 marzo de 1985. Bangkok, Oficina Regional de la FAO para Asia y el Pacífico, págs. 218-225.

Barber, S. 1972. Milled rice and changes during aging. *En* D. F. Houston, ed. *Rice chemistry and technology*. St. Paul, MN, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem., págs. 215-263.

Barker, R.X., Herdt, R.W. y Rose, B. 1985. *The rice economy of Asia*. Washington, D.C., Resources for the Future – Manila, IRRI, 324 págs.

BAsD. 1989. *Key indicators of developing member countries of ADB*. Vol. 20. Manila, Banco Asiático para el Desarrollo, 388 págs.

Bean, M.M. y Nishita, K.D. 1985. Rice flours for baking. *En* B.O. Juliano, ed. *Rice chemistry and technology*. 2ª ed. St. Paul, MN, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem., págs. 539-556.

Bechtel, D.B. y Pomeranz, Y. 1978. Ultrastructure of the mature ungerminated rice (*Oryza sativa*) caryopsis. The starchy endosperm. *Am. J. Bot.*, 65: 684-691.

Bhattacharya, K.R. 1985. Parboiling of rice. *En* B.O. Juliano, ed. *Rice chemistry and technology*. 2ª ed. St. Paul, MN, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem. págs. 289-348.

Bibby, B.G. 1985. Cereal foods and dental caries. *Cereal Foods World*, 30: 851-855.

Björck, I., Nyman, N., Pedersen, B., Siljeström, M., Asp. N.G. y Eggum, B.O. 1987. Formation of enzyme resistant starch during autoclaving of wheat starch: studies *in vitro* and *in vivo*. *J. Cereal Sci.*, 6: 159-172.

Blackwell, R.Q., Yang, T.H. y Juliano, B.O. 1966. Effect of protein content upon growth rates of rats fed high-rice diets (Abstr.) *Proc. 11th Pac. Sci., Congr.*, Tokio, 8: 15.

Bradbury, J.H. y Holloway, W.D. 1988. *Chemistry of tropical root crops: significance for nutrition and agriculture in the Pacific*. Canberra, Australian Centre for International Agricultural Research. 201 págs.

Breckenridge, C. y Arseculeratne, S.N. 1986. Laboratory studies on parboiled and raw rough rice and their milling fractions as substrates for the production and accumulation of aflatoxin. *Food Microbiol.*, 3: 67-72.

Bressani, R., Elías, L.G. y Juliano, B.O. 1971. Evaluation of the protein quality of milled rices differing in protein content. *J. Agric. Food Chem.*, 19: 1028-1034.

Brockington, S.F. y Kelly, V.J. 1972. Rice breakfast cereals and infant foods. *En* D.F. Houston, ed. *Rice chemistry and technology*. St. Paul, MN, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem., págs. 410-418.

Buckner, B., Kelson, T.L. y Robertson, D.S. 1990. Cloning of the Y_1 locus of maize, a gene involved in the biosynthesis of carotenoids. *Plant Cell*, 2: 867-876.

Burns, E.E. y Gerdes, D.L. 1985. Canned rice foods. *En* B.O. Juliano, ed. *Rice chemistry and technology*. 2ª ed. St. Paul, MN, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem., págs. 557-567.

Buttery, R.G., Ling, L.C., Juliano, B.O. y Turnbaugh, J.G. 1983. Cooked rice aroma and 2-acetyl-1-pyrroline. *J. Agric. Food. Chem.*, 31: 823-826.

Cabrera, M.I.Z., Loyola, A.S., Alejandro, E.R., Yu, G.B., Kuizon, M.D., Intengan, C.Ll., Roxas, B.V. y Juliano, B.O. 1987. Effect of reduction in

energy intake on nitrogen balance and growth of preschool children: a preliminary study. *Philipp. J. Nutr.*, 40: 22-31.

Cabrera-Santiago, M.I., Intengan, C. Ll., Roxas, B.V., Juliano, B.O., Pérez, C.M., Loyola, A.S., Alejandro, E.R., Abadilla, J.N., Yu, G.F.B. y Mallillin, A.C. 1986. Protein requirements of preschool children consuming rice-milk, rice-toasted mung bean, and rice diets. *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.*, 36: 167-178.

Cagampang, G.B., Cruz, L.J., Espiritu, S.G., Santiago, R.G. y Juliano, B.O. 1966. Studies on the extraction and composition of rice proteins. *Cereal Chem.*, 43: 145-155.

Cagampang, G.B., Pérez, C.M. y Juliano B.O. 1973. A gel consistency test for eating quality of rice. *J. Sci. Food Agric.*, 24: 1589-1594.

Chang, P.Y. 1988. The utilization of rice in Taiwan, Republic of China. *Food Fert. Technol. Cent. Asian Pac. Reg. Ext. Bull.*, 273: 1-9.

Chang, T.T. 1983. The origins and early cultures of the cereal grains and food legumes. *En* D.N. Keightley, ed. *The origins of Chinese civilization*. Berkeley, CA, EE.UU., University of California Press, págs. 65-94.

Chang, T.T. 1985. Crop history and genetic conservation – rice: a case study. *Iowa State J. Res.*, 59: 425-455.

Cheigh, H.-S., Ryu, C.-H., Jo, J.-S. y Kwon, T.-W. 1977a. Effect of washing on the loss of nutrients of rice. *Korean J. Food Sci. Technol.*,9: 170-174 (en coreano).

Cheigh, H.-S., Ryu, C.-H., Jo, J.-S. y Kwon, T.-W. 1977b. A type of post-harvest loss: nutritional losses during washing and cooking of rice. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 9: 229-233.

Chelliah, S. y Heinrichs, E.A. 1984. Factors contributing to rice brown planthopper resurgence. *Proc. FAO/IRRI Workshop on Judicious and Efficient Use of Insecticides on Rice*. 21-23 febrero de 1983. Manila, IRRI, págs. 107-115.

Chen, W.-P. y Chang, Y.-C. 1984. Production of high-fructose rice syrup and high-protein rice flour from broken rice. *J. Sci. Food Agric.*, 35: 1128-1135.

Chen, X.C., Yin, T.A., Yang, X.J., Bai, J.G. y Huang, Z.S. 1984. Protein requirements of Chinese male adults. *UN Univ. Food Nutr. Bull. Suppl.*, 10: 96-101.

Cheung, A.Y. y Kawata, E. 1990. Isolation of genes involved in carotenoid

biosynthesis and accumulation in plants. *Abstracts 4th Annual Meeting Rockefeller Foundation's International Program in Rice Biotechnology*, IRRI, 9-12 mayo de 1990. Nueva York. Fundación Rockefeller.

Chinnaswamy, R. y Bhattacharya, K.R. 1984. Relationship between amylose content and expansion characteristics of parboiled rice. *J. Cereal Sci.*, 21: 273-279.

Chong, Y.H. 1979. Malnutrition, food patterns and nutritional requirements in Southeast Asia. En *Proc. UNU/IRRI Workshop on Interfaces Between Agriculture, Nutrition and Food Science*. IRRI, 1977. Los Baños, Laguna, Filipinas, IRRI, págs. 1-17.

Chopra, N. e Hira, C.K. 1986. Effect of roasting on protein quality of cereals. *J. Food Sci. Technol.*, 23: 233-235.

Chopra, R.N. 1933. *Indigenous drugs of India*. Calcuta, págs. 655. Citado en E. Quisumbing. 1978. *Medicinal plants in the Philippines*. Quezon City, Filipinas, Katha Publishers.

Choudhury, N.H. y Juliano B.O. 1980. Effect of amylose content on the lipids of mature rice grain. *Phytochemistry*, 19: 1385-1389.

Clark, H.E., Howe, J.M. y Lee, C.J. 1971. Nitrogen retention of adult human subjects fed a high protein rice. *Am. J. Clin. Nutr.*, 24: 324-328.

Clarke, P.A. 1982. Cooking losses in rice – a preliminary study of the effect of grain breakage. *J. Food Technol.*, 17: 507-511.

Coffman, W.R. y Juliano, B.O. 1987. Rice. *En* R.A. Olson, ed. *Nutritional quality of cereal grains: genetic and agronomic improvement*. Agron. Monogr. 28. Madison, WI, EE.UU., American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America, págs. 101-131.

Cogburn, R.R. 1985. Rough rice storage. *En* B.O. Juliano, ed. *Rice chemistry and technology*. 2ª ed. St. Paul, MN, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem., págs. 265-287.

Comisión del Codex Alimentarius. 1990. *Proyecto de Norma para el Arroz*. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. Roma, FAO. 8 págs.

Conway, G.R. y Pretty, J.N. 1988. *Fertiliser risks in the developing countries: a review*. Londres, International Institute for Environment and Development, Sustainable Agriculture Programme, 70 págs.

Dalrymple, D.G. 1986. *Development and spread of high-yielding rice varieties in developing countries*. Washington. D.C., USAID. Oficina de Ciencia y Tecnología, 117 págs.

Dans, A. L., Florete, O.G., Paz, E.T., Tamesis, B.R., Anonuevo, J.E., Zarcilla, F. 1987. The efficacy, safety, and acceptability of high-fiber rice-bran diet (darak) in the control of diabetes mellitus. Cuarto Congreso de la Federación de Sociedades Endocrinas de la ASEAN, Manila, 5-10 diciembre.

De Datta, S.K. 1981. *Principles and practices of rice production*. Nueva York, J. Wiley & Sons. 618 págs.

De Datta S.K. 1989. Integrated nutrient management in relation to soil fertility in lowland rice-based cropping systems. En *Rice Farming Systems: new directions*. Manila, IRRI, págs. 141-160.

Del Mundo, A.M., Kosco, D.A., Juliano, B.O., Siscar, J.J.H. y Pérez, C.M. 1989. Sensory and instrumental evaluation of texture of cooked and raw milled rices with similar starch properties. *J. Texture Stud.*, 20: 97-110.

Del Rosario, A.R., Briones, V.P., Vidal, A.J. y Juliano, B.O. 1968. Composition and endosperm structure of developing and mature rice kernel. *Cereal Chem.*, 45: 225-235.

DeMaeyer, E.M. 1986. Xerophthalmia and blindness of nutritional origin in the Third World. *Children in the Tropics*. N° 165. París, Centro Internacional de la Infancia.

DeMaeyer, E.M. y Adiels-Tegman, M. 1985. The prevalence of anemia in the world. *World Health Stat. Q.*, 38(3): 302-316.

De Padua, D.B. 1979. A critical review of the losses in the rice postproduction system in some Southeast Asian countries. En *Proc. UNU/IRRI Workshop on Interfaces Between Agriculture, Nutrition and Food Science*. IRRI, 1977. Los Baños, Laguna, Filipinas, IRRI, págs. 89-104.

De Padua, D. 1988. Some imperatives in crop drying research. En *Research and development issues in grain postharvest problems in Asia*. Eschborn, Alemania, GTZ, Grupo para Asistencia sobre sistemas relativos a los granos después de la cosecha, págs. 31-37.

De Vizia, B., Ciccimarra, F., De Cicco, N. y Auricchio, S. 1975. Digestibility of starches in infants and children. *J. Pediatr.*, 86: 50-55.

Desikachar, H.S.R., Raghavandra Rao, S.N. y Ananthachar, T.K. 1965. Effect

of degree of milling on water absorption of rice during cooking. *J. Food Sci. Technol.*, 2: 110-112.

Dien, L.D., Trinh, N.B., Lieu, L.T. y Hieu, L.H. 1987. Influence of seasons on several biochemical criteria of rice seeds (*Oryza sativa* L.). *Tap Chi Sinh Hoc*, 9(2): 15-21, 31.

Dizon, E.L. y Sánchez, P.C. 1984. Mass production of red mold rice (angkak) and stability of the Monascus pigment. *Philipp. Agric.*, 67: 25-41.

Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple *F* tests. *Biometrics*, 11: 1-42.

Efferson, J.N. 1985. Rice quality in world markets. En *Rice grain quality and marketing*. Manila, IRRI. págs 1-13.

Eggum, B.O. 1969. Evaluation of protein quality and the development of screening techniques. En *New approaches to breeding for improved plant protein*. Viena, OIEA, págs. 125-135.

Eggum, B.O. 1973. *A study of certain factors influencing protein utilization in rats and pigs*. Publ. N° 406. Copenhague, Agricultural Research Laboratory. 173 págs.

Eggum, B.O. 1977. Nutritional aspects of cereal protein. *En* A. Muhammad, R. Aksel y R.C. von Boustel, eds. *Genetic diversity in plants*. Nueva York, Plenum Press, págs. 349-369.

Eggum, B.O. 1979. The nutritional value of rice in comparison with other cereals. *Proc. Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality*. Los Baños, Laguna, Filipinas, IRRI, págs. 91-111.

Eggum, B.O. y Juliano, B.O. 1973. Nitrogen balance in rats fed rices differing in protein content. *J. Sci. Food. Agric.*, 24: 921-927.

Eggum, B.O. y Juliano, B.O. 1975. Higher protein content from nitrogen fertilizer application and nutritive value of milled rice protein. *J. Sci. Food. Agric.*, 26: 425-427.

Eggum, B.O., Alabata, E.P. y Juliano, B.O. 1981. Protein utilization of pigmented and nonpigmented brown and milled rice by rats. *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.*, 31: 175-179.

Eggum, B.O., Cabrera, M.I.Z. y Juliano, B.O. Protein and lysine digestibility and protein quality of cooked Filipino rice diets and milled rice in growing rats. *Plant Foods Hum. Nutr.* (en prensa).

Eggum, B.O., Juliano, B.O. y Maniñgat, C.C. 1982. Protein and energy utiliza-

tion of rice milling fractions by rats. *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.*, 31: 371-376.

Eggum, B.O., Resurrección, A.P. y Juliano, B.O. 1977. Effect of cooking on nutritional value of milled rice in rats. *Nutr. Rep. Int.*, 16: 649-655.

Eggum, B.O., Juliano, B.O., Villarreal, C.P. y Pérez, C.M. 1984. Effect of treatment on composition and protein and energy utilization of rice and mung bean by rats. *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.*, 34: 261-272.

Eggum, B.O., Juliano B.O., Ibabao, M.G.B. y Pérez, C.M. 1986. Effect of extrusion cooking on nutritional value of rice flour. *Food Chem.*, 19: 235-240.

Eggum, B.O., Juliano, B.O., Ibabao, M.G.B., Pérez, C.M. y Carangal, V.R. 1987. Protein and energy utilization of boiled rice-legume diets and boiled cereals in growing rats. *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.*, 37: 237-245.

El Bayâ, A.W., Nierle, W. y Wolff, J. 1980. Substanzverluste beim Kochen von Reis. *Getreide Mehl Brot*, 34: 43-46.

El-Harith, A.E.-H., Dickerson, J.W.T. y Walker, R. 1976. On the nutritive value of various starches for the albino rat. *J. Sci. Food Agric.*, 27: 521-526.

Ellis, J.R., Villarreal, C.P. y Juliano, B.O. 1986. Protein content, distribution and retention during milling of brown rice. *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.*, 36: 17-26.

Englyst, H.N., Anderson, V. y Cummings, J.H. 1983. Starch and non-starch polysaccharides in some cereal foods. *J. Sci. Food Agric.*, 34: 1434-1440.

Eppendorfer, W.H., Eggum, B.O. y Bille, S.W. 1979. Nutritive value of potato crude protein as influenced by manuring and amino acid. *J. Sci. Food Agric.*, 30: 361-368.

FAO. 1954. *Rice and rice diets – a nutritional survey*, ed. rev. Estudios de Nutrición FAO N° 1. Roma, FAO. 78 págs.

FAO. 1985a. *Hojas de balance de alimentos. Promedio 1979-81*. Roma. FAO.

FAO. 1985b. *Rice processing industries*. Actas del Seminario regional FAO/PNUD. Yakarta, 15-20 julio de 1985. Bangkok. Oficinal Regional de la FAO para Asia y el Pacífico. 293 págs.

FAO. 1990a. *Boletín Trimestral de Estadística*, 3(1): 20-28, 55, 73.

FAO. 1990b. *Anuario FAO de producción*. Vol. 43, Roma, FAO.

FAO. 1990c. *Protein quality evaluation*. Informe de una Consulta de Expertos FAO/OMS, Bethesda, MD, EE.UU., 4-8 diciembre de 1989. (publicado en

español como FAO. 1992. *Evaluación de la calidad de las proteínas.* Estudio FAO: Alimentación y Nutrición N° 51, Roma, FAO).

FAO. 1991. *Costos de producción del arroz en algunos países.* Comité de la FAO sobre Problemas de Alimentos Básicos. Grupo Intergubernamental sobre el Arroz, 34° período de sesiones, 25-28 marzo 1991. Roma, FAO. 37 págs.

Feldstein, H.S. y Poats, S.V. 1990. *Women in rice farming systems review report.* Manila, IRRI, 26+ págs.

Ferretti, R.J. y Levander, O.A. 1974. Effect of milling and processing on the selenium content of grains and cereal products. *J. Agric. Food. Chem.*, 22: 1049-1051.

Flinn, J.C. y Unnevehr, L.J. 1984. Contributions of modern rice varieties to nutrition in Asia – an IRRI perspective. *En* P. Pinstrup-Andersen, A. Berg y M. Forman, eds. *International agricultural research and human nutrition.* Washington, D.C., IIPA y Roma, CAC/SCN, págs. 157-178

FNRI. 1980. *Food composition tables, recommended for use in the Philippines.* 5ª rev. Manual FNRI N°1, Manila, Food and Nutrition Research Institute. 313 págs.

FNRI. 1984. *Second nationwide nutrition survey, Filipinas, 1982.* FNRI-84-RP, N°10. Manila, Food and Nutrition Research Institute. 228 págs.

FNRI. 1987. *Aflatoxin content of selected Filipino food items.* Biological Hazards Section. Food Composition and Quality Program. Manila, (manuscrito inédito).

Furugori, K. 1985. Rice processing manufacturing industries in Japan. Recent trends in technologies. *Rice processing industries.* Actas del Seminario regional FAO/PNUD, Yakarta, 15-20 julio de 1985. Bangkok, Oficina Regional de la FAO para Asia y el Pacífico, págs. 82-87.

Gariboldi, F. 1984. *Rice parboiling.* Bol. Serv. Agr. FAO. N°56. Roma, FAO. 73 págs.

Gerhardt, A.L. y Gallo, N.B. 1989. *Effect of a processed California medium grain rice bran and germ product on hypercholesterolemia.* Ponencia presentada a la reunión anual de la Am. Assoc. Cereal Chem., 1989. Washington, D.C.

Gershoff, S.N., McGandy, R.B., Suttapreyasri, D., Promkutkao, C., Nondasuta, A., Pisolyabutra, U., Tantiwongse, P. y Viravaidhyaya, V. 1977. Nutrition studies in Thailand. II. Effect of fortification of rice with lysine, threonine, thiamine, riboflavin, vitamin A and iron on preschool children. *Am. J. Clin. Nutr.*, 30: 1185-1195.

Glover, D.V., Crane, P.L., Misra, P.S. y Mertz, E.T. 1975. Genetics of endosperm mutants in maize as related to protein quality and quantity. En *High quality protein maize. CIMMYT-Purdue University International Symposium*, El Batán, 1972. Stroudsburg, PA, EE.UU. Dowden, Hutchinson & Ros., págs. 228-240.

Goddard, M.S., Young, G. y Marcus, R. 1984. The effect of amylose content on insulin and glucose response to ingested rice. *Am. J. Clin. Nutr.*, 39: 388-392.

Gopala Krishna, A.G., Prabhakar, J.V. y Sen, D.P. 1984. Effect of degree of milling on tocopherol content of rice bran. *J. Food Sci. Technol.*, 21: 222-224.

Graham, G.G., Glover, D.V., López de Romaña, G., Morales, E. y MacLean, W.C. Jr. 1980. Nutritional value of normal, opaque-2 and sugary-2 opaque-2 maize hybrids for infants and children. 1. Digestibility and utilization. *J. Nutr.*, 110: 1061-1069.

Grewal, P. y Sangha, J.K. 1990. Effect of processing on thiamin and riboflavin contents of some high-yielding rice varieties of Punjab. *J. Sci. Food Agric.*, 52: 387-391.

Griffin, V.K. y Brooks, J.R. 1989. Production and size distribution of rice maltodextrins hydrolyzed from milled rice flour using heat-stable alpha-amylase. *J. Food Sci.*, 54: 190-193.

Habito, C.F. 1987. A stochastic evaluation of mechanized rice post-harvest technology through systems simulation modelling (will reduced risk and uncertainty sell paddy dryers?). *En* B. M. de Mesa, ed. *Grain production in postharvest systems. Proc. 9th ASEAN Technical Seminar on Grain Postharvest Technology*, Singapur, 26-29 agosto de 1986. Manila, ASEAN Crops Postharvest Programme, págs. 253-271.

Hallberg, L., Bjorn-Rasmussen, E., Rossander, L. y Suwanik, R. 1977. Iron absorption from Southeast Asia diets. II. Role of various factors that might explain low absorption. *Am. J. Clin. Nutr.*, 30: 539-548.

Hansen, L.P., Hosek, R., Callon, M. y Jones, F.T. 1981. The development of high protein rice flour for early childhood feeding. *Food Technol.*, 35(1): 38-42.

Haumann, B.F. 1989. Rice bran linked to lower cholesterol. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 66: 615-618.

Hayakawa, T. e Igaue, I. 1979. Studies on the washing of milled rice: scanning electron microscopic observation and chemical study of solubilized materials. *Nippon Nogei Kagaku Kaishi*, 53: 321-327.

Hegsted, D.M. y Juliano B.O. 1974. Difficulties in assessing the nutritional quality of rice protein. *J. Nutr.*, 104: 772-781.

Hemavathy, J. y Prabhakar, J.V. 1987. Lipid composition of rice (*Oryza sativa* L.) bran. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 65: 1016-1019.

Herdt, R.W. 1986. The economics of rice production in developing countries. *Food Rev. Int.*, 1: 447-463.

Hesseltine, C.W. 1979. Some important fermented foods of mid Asia, the Middle East, and Africa. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 56: 367-374.

Hibino, K., Kidzu, T., Masumura, T., Ohtsuki, K., Tanaka, K., Kawabata, K. y Fujii, S. 1989. Amino acid composition of rice prolamin polypeptides. *Agric. Biol. Chem.*, 53: 513-518.

Higuchi, W. y Fukazawa, C. 1987. A rice glutelin and a soyabean glycinin have evolved from a common ancestral gene. *Gene*, 55: 245-253.

Hinton, J.J.C. y Shaw, B. 1954. The distribution of nicotinic acid in the rice grain. *Br. J. Nutr.*, 8: 65-71.

Hirao, M. 1990. Trend of rice consumption in Japan. *Farming Jpn.*, 24(1): 14-20.

Hizukuri, S., Takeda, Y., Maruta, N. y Juliano, B.O. 1989. Molecular structures of rice starch. *Carbohydr. Res.*, 189: 227-235.

Holland, B., Unwin, I.D. y Buss, D.H. 1988. *Cereal and cereal products*. *En* R.A. McCance y E.M. Widdowson, *The composition of food.* 4ª ed. Nottingham, Royal Society of Chemistry, 147 págs.

Holm, J., Björck, I. Ostrowska, S., Eliasson A.-C., Asp, N.-G., Larsson, K. y Lundquist, I. 1983. Digestibility of amylose-lipid complexes *in-vitro* and *in-vivo*. *Starch*, 35: 294-297.

Hopkins, D.T. 1981. Effect of variation in protein digestibility. *En* C.E. Bodwell, J.S. Adkins y D.T. Hopkins, eds. *Protein quality in humans: assessment and* in vitro *estimation*. Westport, CT, EE.UU. AVI Publishing Co., Inc, págs. 169-193.

Huang, J., David, C. y Duff, B. 1991. Rice in Asia: is it becoming an inferior good? (Comment) *Am. J. Agric. Econ.*, 73:515-521.

Huang, J.-F. 1990. The relation between soil nutrients and rice qualities. *Trans. 14th Int. Congr. Soil Sci.* Kyoto, Japón. 12-18 agosto de 1990, 4: 170-175.

Huang, P.C. 1987. Changing pattern of rice grain production, consumption and dietary life in Taiwan. En *Proc. Int. Symp. Dietary life of rice-eating populations.*

Kyoto, 24 octubre de 1987. Kyoto, Research Institute for Production Development, págs. 47-52.

Huang, P.C. y Lin, C.P. 1982. Protein requirements of young Chinese male adults on ordinary Chinese mixed diet and egg diet at ordinary levels of energy intake. *J. Nutr.*, 112: 897-907.

Huang, P.C., Lin, C.P. y Hsu, J.Y. 1980. Protein requirements of normal infants at the age of about 1 year: maintenance nitrogen requirements and obligatory nitrogen losses. *J. Nutr.*, 110: 1727-1735.

Huebner, F.R., Bietz, J.A., Webb, B.D. y Juliano, B.O. 1990. Rice cultivar identification by high-performance liquid chromatography of endosperm proteins. *Cereal Chem.*, 67: 129-135.

Huke, R.E. y Huke, E.H. 1990. *Rice: then and now.* Manila, IRRI. 44 págs.

Hussain, T., Tontisirin, K. y Chaowanakarnkit, L. 1983. Protein digestibility of weaning foods prepared from rice-minced meat and rice-mungbean combination in infants using a short term nitrogen balance method. *J. Nutr., Sci. Vitaminol.*, 29: 497-508.

Ilag, L.L. y Juliano, B.O. 1982. Colonisation and aflatoxin formation by *Aspergillus* spp. on brown rices differing in endosperm properties. *J. Sci. Food Agric.*, 33: 97-102.

Imai, T. 1990. Rice-based products in Japan. *Farming Jpn.*, 24(1): 21-28.

Inoue, G., Kishi, K., Fujita, Y., Yamamoto, S. y Yoshimura, Y. 1981. Interrelationships between effects of protein and energy intakes on nitrogen utilization in adult men. *UN Univ. Food Nutr. Bull. Suppl.*, 5: 247-258.

Intengan, C.Ll., Roxas, B.V., Bautista, C.A. y Alejo, L.G. 1976. Studies on protein requirements of Filipinos. *Philipp. J. Nutr.*, 29: 94-98.

Intengan, C. Ll., Roxas, B.V., Cabrera-Santiago, M.I.Z., Loyola, A.S., Alejandro, E.R., Abadilla, J.N. y Yu, G.F.B. 1984. Protein requirements of Filipino children 18-30 months old consuming local diets.I.Rice-fish and rice-mungbean diets. *Philipp. J. Nutr.*, 37: 87-95.

Intengan, C.Ll., Roxas, B.V., Santiago, M.I.C. y Juliano, B.O. 1982. Protein requirements of adult Filipino consuming local diets. *Philipp. J. Nutr.*, 35: 112-119.

IRRI. 1975. *Annual Report for 1974.* Manilà, IRRI, págs. 1-50

IRRI. 1976. *Annual Report for 1975.* Manila, IRRI, págs. 83-90, 111-125.

IRRI. 1980. *Annual Report for 1979*. Manila, IRRI, págs. 25-38.

IRRI. 1983a. *Annual Report for 1981*. Manila, IRRI, págs. 77-82.

IRRI. 1983b. *Annual Report for 1982*. Manila, IRRI, págs. 70-75.

IRRI. 1984a. *Annual Report for 1983*. Manila, IRRI, págs. 61-66.

IRRI. 1984b. *Proc. FAO/IRRI Workshop on Judicious and Efficient Use of Insecticides on Rice*. IRRI, 21-23 febrero 1983. Manila, IRRI, 180 págs.

IRRI. 1988a. *Vector-borne disease control in humans through rice agroecosystem management*. En colaboración con el Grupo Especial de Expertos OMS/FAO/PNUMA sobre ordenación del medio ambiente para el control de vectores. Manila, IRRI, 237 págs.

IRRI. 1988b. *Annual Report for 1987*. Manila, IRRI, págs. 43-54, 188-193.

IRRI. 1989. *IRRI toward 2000 and beyond*. Manila, IRRI. 66 págs.

IRRI. 1990a. *Program report for 1989*. Manila, IRRI, págs. 200-205.

IRRI. 1990b. *Sustainability aspects of rice culture external review*. Manila, IRRI.

IRRI. 1991a. *World rice statistics, 1990*. Manila, IRRI. 320 págs.

IRRI. 1991b. *Annual Report for 1990*. Manila, IRRI.

IRRI y CIID. 1992. *Consumer demand for rice grain quality*. Manila, IRRI.

Iwasaki, T. 1987. *Measures for the enhancement of rice consumption and diversification of rice utilization*. Ponencia presentada al Seminario internacional sobre «The diversification of rice utilization», Bangkok, 12-17 octubre de 1987. 3 págs.

Jaiswal, P.K. 1983. Specification of rice bran oil and extractions. En *Rice bran oil: status and prospects*. Actas del Seminario organizado por la «Oil Technologists' Association of India, Southern Zone», Hyderabad, 13 agosto de 1983. Andra Pradesh, India, págs. 64-77.

Jiraratsatit, J., Mangklabruks, A., Keoplung, M., Matayabun, S. y Chumsilp, L. 1987. Glycemic effects of rice and glutinous rice on treated-type II diabetic subjects. *J. Med. Assoc. Thailand*, 70:401-409.

Juliano, B.O. 1972. The rice caryopsis and its composition. *En* D.F. Houston, ed. *Rice chemistry and technology*. St. Paul, MN, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem., págs. 16-74

Juliano, B.O. 1979. The chemical basis of rice grain quality. En *Proc. Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality*. IRRI, Los Baños, Laguna, Filipinas, IRRI, págs. 69-90.

Juliano, B.O. 1984. Rice starch: production, properties, and uses. *En* R.L. Whistler, J.N. BeMiller y E.F. Paschall, eds. *Starch: chemistry and technology*. 2ª ed.. Orlando, FL, EE.UU. Academic Press, págs. 507-528.

Juliano, B.O. 1985a. Factors affecting nutritional properties of rice protein. *Trans. Natl. Acad. Sci. Technol.* (Filipinas), 7: 205-216.

Juliano, B.O. ed. 1985b. *Rice chemistry and technology*. 2ª ed. St. Paul, MN, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem. 774 págs.

Juliano, B.O. y Bechtel, D.B. 1985. The rice grain and its gross composition. *En* B.O. Juliano, ed. *Rice chemistry and technology*. 2ª ed. St. Paul, MN, EE.UU. Am. Assoc. Cereal Chem., págs. 17-57.

Juliano, B.O y Boulter, D. 1976. Extraction and composition of rice endosperm glutelin. *Phytochemistry*, 15:1601-1606.

Juliano, B.O. y Duff, B. 1989. Setting priorities for rice grain quality research. *Proc. 12th ASEAN Technical Seminar on Grain Postharvest Technology.* Surabaya, Indonesia, 29-31 agosto.

Juliano, B.O. y Duff, B. 1991. Rice grain quality as an emerging research priority in national rice breeding programs. En *Rice grain marketing and quality issues*. Manila, IRRI, págs55-64.

Juliano, B.O. y Goddard, M.S. 1986. Cause of varietal difference in insulin and glucose responses to ingested rice. *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.*, 36: 35-41.

Juliano, B.O. e Hicks, P.A. 1993. Utilization of rice functional properties to produce rice food products with modern processing technologies. *Int. Rice Comm. Newsl.* (Special Issue: Proc. 17th Session Int. Rice Comm., 1990), 39: 163-179.

Juliano, B.O. y Sakurai, J. 1985. Miscellaneous rice products. *En* B.O. Juliano, ed. *Rice chemistry and technology*. 2ª ed. St. Paul, MN, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem., págs. 569-618.

Juliano, B.O. y Villarreal C.P. 1991. *Grain characteristics of milled rices grown in rice-producing countries*. Manila, IRRI.

Juliano, B.O., Antonio, A.A. y Esmama, B.V. 1973. Effects of protein content on the distribution and properties of rice protein. *J. Sci. Food Agric.*, 24: 295-306.

Juliano, B.O., Pérez, C.M. y Kaosa-ard, M. 1990. Grain quality characteristics of export rices in selected markets. *Cereal Chem.*, 67: 192-197.

Juliano, B.O., Ibabo, M.G.B., Pérez, C.M., Clark, R.B., Maranville, J.W., Mamaril, C.P., Choudhury, N.H., Momuat, C.J.S. y Corpuz, I.T. 1987. Effect of soil sulfur deficiency on sulfur amino acides and elements in brown rice. *Cereal Chem.*, 64: 27-30.

Juliano, B.O., Pérez, C.M., Komindr, S. y Banphotkasem, S. 1989a. Properties of Thai cooked rice and noodles differing in glycemic index in noninsulin-dependent diabetics. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 39: 369-374.

Juliano, B.O., Pérez, C.M., Maranan, C.L., Abansi, C.L. y Duff, B. 1989b. Grain quality characteristics of rice in Philippine retail markets. *Philipp. Agric.*, 72: 113-122.

Juliano, B.O., Pérez, C.M., Kaushik, R. y Khush, G.S. 1990. Some grain properties of IR36 - based starch mutants. *Starch*, 42: 256-260.

Kagawa, H., Hirao, H. y Kikuchi, F. 1988. Variation in glutelin seed storage protein in rice (*Oryza sativa* L.). *Jpn. J. Breeding.*, 38: 327-332.

Kahlon, T.S., Saunders, R.M., Chow, F.I., Chui, M.C. y Betschart, A.A. 1990. Influence of rice bran, oat bran and wheat bran on cholesterol and triglyceride in hamsters. *Cereal Chem.*, 67: 439-443.

Kaosa-ard, M.S. y Juliano, B.O. 1989. Assessing quality characteristics and price of rice in selected international markets. *Proc. 12th ASEAN Technical Seminar on Grain Postharvest Technology.* Surabaya, Indonesia, 29-31 agosto.

Kempf, W. 1984. Recent trends in European Community and West German starch industries. *Starch*, 36: 333-341.

Kennedy, B.M. y Schelstraete, M. 1975. A note on silicon in rice endosperm. *Cereal Chem.*, 52: 854-856.

Khan, M.A. y Eggum, B.O. 1978. Effect of baking on the nutritive value of Pakistani bread. *J. Sci. Food Agric.*, 29: 1069-1075.

Khan, M.A. y Eggum, B.O. 1979. Effect of home and industrial processing on protein quality of baby foods and breakfast cereals. *J. Sci. Food Agric.*, 30: 369-376.

Khandker, A.K., De Mosqueda, M.B., Del Rosario, R.R. y Juliano, B.O. 1986. Factors affecting properties of rice noodles prepared with an extruder. *ASEAN Food J.*, 2: 31-35.

Khin-Maung-U, Bolin, T.D., Pereira, S.P., Duncombe, V.M., Nyunt-Nyunt-

Wai, Myo-Khin y Linklater, J.M. 1990a. Absorption of carbohydrate from rice in Burmese village children and adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, 52: 342-347.

Khin-Maung-U, Pereira, S.P., Bolin, T.D., Duncombe, V.M., Myo-Khin, Nyunt-Nyunt-Wai y Linklater, J.M. 1990b. Malabsorption of carbohydrate from rice and child growth: a longitudinal study with the breath-hydrogen test in Burmese village children and adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, 52:348-352.

Khor, G.L., Tee, E.S. y Kandiah, M. 1990. Patterns of food production and consumption in the ASEAN Region. *World Rev. Nutr. Diet.*, 61:1-40.

Khush, G.S. y Juliano, B.O. 1985. Breeding for high-yielding rices of excellent cooking and eating qualities. En *Rice grain quality and marketing*. Manila, IRRI, págs. 61-69.

Kik, M.C. y Williams, R.R. 1945. *The nutritional improvement of white rice*. Nat. Acad. Sci. Bull. N°112. Washington, D.C., National Research Council. 76 págs.

Kitagishi, K. y Yamane, I. eds. 1981. *Heavy metal pollution in soils in Japan*. Tokyo. Scientific Societies Press. 302 págs.

Kondo, H., Abe, K. y Arai, S. 1989. Immunoassay of oryzacystatin occurring in rice seeds during maturation and germination. *Agric. Biol. Chem.*, 53: 2949-2954.

Kumamaru, T., Satoh, H., Iwata, N., Omura, T., Ogawa, M. y Tanaka, K. 1988. Mutants of rice storage proteins. 1. Screening of mutants for rice storage proteins of protein bodies in the starchy endosperm. *Theor. Appl. Genet.*, 76: 11-16.

Kumar, I. y Khush, G. S. 1987. Genetic analysis of different amylose levels in rice. *Crop Sci.*, 27: 1167-1172.

Kumar, I., Khush, G.S. y Juliano, B.O., 1987. Genetic analysis of *waxy* locus in rice (*Oryza sativa* L.). *Theor. Appl. Genet.* 73:481-488.

Kunze, O.R. 1985. Effect of environment and variety on milling qualities of rice. En *Rice grain quality and marketing*. Manila, IRRI, págs. 37-47

Kunze, O.R. y Calderwood, D.L. 1985. Rough rice drying. *En* B.O. Juliano, ed. *Rice chemistry and technology*. 2ª ed. St. Paul, MN, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem., págs. 233-263.

Lai, M.-N, Chang; W.T.H. y Luh, B.S. 1980. Rice vinegar fermentation. *En* B.S. Luh, ed. *Rice: production and utilization*. Westport, CT, EE.UU. AVI Publishing Company, Inc., págs. 690-711.

Levitt, M.D., Hirsch, P., Fetzer, C.A., Sheahan, M. y Levine, A.S. 1987.

H_2 excretion afeter ingestion of complex carbohydrates. *Gastroenterology*, 92:383-389.

Li, B.-J. y Lai, L.-Z. 1989. The study on the breeding of "black superior rice" by using biotechniques. *Proc. 6th Int. Congr. SABRAO*, págs289-291.

Li, C.-F. y Luh, B.S. 1990. Rice snack foods. *En* B.S. Luh, ed. *Rice: production and utilization.* Westport, CT, EE.UU. AVI Publishing Company, Inc., págs. 690-711.

Lin, T.-C., Shao, Y.-Y. y Chiang, W. 1988. Investigation of the processing and the quality of rice milk. *J. Chin. Agric. Chem. Soc.*, 26: 130-137.

Little, R.R., Hilder, G.B. y Dawson, E.H. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. *Cereal Chem.*, 35: 111-126.

Liu, J.-X., Lu, Z.-H. y Su, Q. 1985. Regional selenium deficiency of feedstuffs in China. *Sci. Agric. Sin.*, 1985(4):76-79.

Livesey, G. 1990. The energy values of unavailable carbohydrates and diets. An enquiry and analysis. *Am. J. Clin. Nutr.*, 51:617-637.

López de Romaña, G., Graham, G.G., Mellits, E.D. y MacLean, W.C. Jr. 1980. Utilization of the protein and energy of the potato by human infants. *J. Nutr.*, 110:1849-1857.

Lu, J.J. y Chang, T.T. 1980. Rice in its temporal and spatial perspective. *En* B.S. Luh, ed. *Rice: production and utilization.* Westport, CT, EE.UU., AVI Publishing Company, Inc., págs. 1-74.

Luh, B.S., ed. 1980. *Rice: production and utilization.* Westport, CT, EE.UU., AVI Publishing Company, Inc. 925 págs.

Luh, B.S. y Bhumiratana, A. 1980. Breakfast rice cereals and baby foods. *En* B.S. Luh, ed. *Rice: production and utilization.* Westport, CT, EE.UU., AVI Publishing Company, Inc., págs. 622-649.

MacLean, W.C. Jr., Klein, G.L., López de Romaña, G., Massa, E. y Graham, G.G. 1978. Protein quality of conventional and high-protein rice and digestibility of glutinous and nonglutinous rice by preschool children. *J. Nutr.*, 108: 1740-1747.

MacLean, W.C. Jr., López de Romaña, G., Klein, G.L., Massa, E., Mellits, E.D. y Graham, G.G. 1979. Digestibility and utilization of the energy and protein of wheat by infants. *J. Nutr.*, 109:1290-1298.

MacLean, W.C. Jr., López de Romaña, G., Placko, R.P. y Graham, G.G. 1981.

Protein quality and digestibility of sorghum in preschool children: balance studies and plasma free amino acid. *J. Nutr.*, 111:1928-1936.

MacRitchie, F., du Cros, D.L. y Wrigley, C.W. 1990. Flour polypeptides related to wheat quality. *Adv. Cereal Sci. Technol.*, 10:79-145.

Maneepun, S. 1987. Production and consumption of processed rice products in Thailand. *Proc. Int. Symp. Dietary Life of Rice Eating Populations.* Kyoto, 24 octubre de 1987. Kyoto, Japón, Research Institute for Product Development, págs. 33-40.

Marfo, E.K., Simpson, B.K., Idowre, J.S. y Oke, O.L. 1990. Effect of local food processing on phytate levels in cassava, cocoyam, yam, maize, sorghum, rice, cowpea and soybean. *J. Agric. Food Chem.*, 38: 1580-1585.

Matsuda, T., Sugiyama, M., Nakamura, R. y Torii, S. 1988. Purification and properties of an allergenic protein in rice grain. *Agric. Biol. Chem.*, 52:1465-1470.

Miao, G.-H. y Tang, X.-H. 1986. Isolation, purification and the properties or rice germ lectin receptors in rice embryo and endosperm. *Kexue Tongbao*, 22: 1569-1573 (traducción al inglés).

Mickus, R.R. y Luh, B.S. 1980. Rice enrichment with vitamins and amino acids. *En* B.S. Luh, ed. *Rice: production and utilization.* Westport, CT, EE.UU., AVI Publishing Company, Inc., págs. 486-500.

Misaki, M. y Yasumatsu, K. 1985. Rice enrichment and fortification. *En* B.O. Juliano, ed. *Rice chemistry and technology.* 2ª ed. St. Paul, MN, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem., págs. 389-401.

Mitchell, C.R., Mitchell, P.R. y Nissenbaum, R. 1988. *Nutritional rice milk production.* US Patent, Nº4, 744, 922. 8 págs.

Miyoshi, H., Okuda, T. y Koishi, H. 1988. Effects of feeding of polished rice, brown rice and rice bran on digestibility of nutrients by growing rats. *Sci. Living Ann. Rep., Osaka City Univ.*, 36: 7-11 (en japonés).

Miyoshi, H., Okuda, T., Oi, Y. y Koishi, H. 1986. Effect of rice fiber on fecal weight, apparent digestibility of energy, nitrogen and fat and degradation of neutral detergent fiber in young men. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 32: 581-589.

Miyoshi, H., Okuda, T., Okuda, K. y Koishi, H. 1987a. Effect of brown rice on apparent digestibility and balance of nutrients in young men on low protein diets. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 33: 207-218.

Miyoshi, H., Okuda, T., Kobayashi, N., Okuda K. y Koishi, H. 1987b. Effects of rice fiber on mineral balance in young Japanese men. *Nippon Eiyo Shokuryo Gakkaishi*, 40: 165-170 (en japonés).

Molla, A.M., Ahmed, S.M. y Greenough, W.B. III 1985. Rice-based oral rehydration solution decreases the stool volume in acute diarrhea. *Bull. WHO*, 63:751-756.

Morishita, T., Fumoto, N., Yoshizawa, T. y Kagawa, K. 1987. Varietal differences in cadmium levels of rice grains of japonica, indica, javanica, and hybrid varieties produced in the same plot of a field. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 33: 629-637.

Mossé, J. 1990. Nitrogen to protein conversion factors for ten cereals and six legumes or oilseeds. A reappraisal of its definition and determination. Variation according to species and to seed protein content. *J. Agric. Food Chem.*, 38: 18-24.

Mossé, J., Huet, J.-C. y Baudet, J. 1988. The amino acid composition of rice grain as a function of nitrogen content as compared to other cereals: a reappraisal of rice chemical scores. *J. Cereal Sci.*, 8: 165-175.

Mossman, A.P. 1986. A review of basic concepts in rice-drying research. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 25:49-71.

Murata, K., Kitagawa, T. y Juliano, B.O. 1978. Protein quality of high protein rice in rats. *Agric. Biol. Chem.*,42:565-570.

Murugesan, G. y Bhattacharya, K.R. 1991. Basis for varietal difference in popping expansion of rice. *J. Cereal Sci*, 13: 71-83.

Naciones Unidas. 1987. *Primer Informe sobre la situación de la nutrición en el mundo.* Roma, CAC/SCN.

Nicolosi, R. 1990. Unsaponifiables in rice bran oil under study. *Int. News Fats Oils Rel. Mater.* (INFORM) 1: 831-832, 834-835.

Nielsen, H.K., De Weck, D., Finot, P.A., Liardon, R. y Hurrell, R.F. 1985. Stability of tryptophan during food processing and storage. 1. Comparative losses of tryptophan, lysine and methionine in different model systems. *Brit. J. Nutr.*, 53:281-292.

Nikuni, Z., Hizukuri, S., Kumagai, K., Hasegawa, H., Moriwaki, T., Fukui, T., Doi, K., Nara, S. y Maeda, I. 1969. The effect of temperature during the maturation period on the physico-chemical properties of potato and rice starches. *Mem. Inst. Sci. Ind. Res. Osaka Univ.*, 26: 1-27.

Noda, K., Hirai, S. y Dambara, H. 1987. Selenium content of brown rice grown in Japan. *Agric. Biol. Chem.*, 51:2451-2455.

Normand, F.L., Ory, R.L. y Mod, R.R. 1981. Interactions of several bile acids with hemicelluloses from several varieties of rice. *J. Food Sci.*, 46:1159-1161.

Normand, F.L., Ory, R.L., Mod, R.R., Saunders, R.M. y Gumbmann, M.R. 1984. Influence of rice hemicellulose and α-cellulose on lipid and water content of rice faeces and on blood lipids. *J. Cereal Sci.*, 2: 37-42.

Obata, Y. y Tanaka, H. 1965. Studies on the photolysis of L-cysteine and L-cystine. Formation of the flavor of cooked rice from L-cysteine and L-cystine. *Agric. Biol. Chem.*, 29:191-195.

Ogawa, M., Tanaka, K. y Kasai, Z. 1977. Note on the phytin-containing particles isolated from rice scutellum. *Cereal Chem.*, 54:1029-1034.

Ogawa, M., Kumamaru, T., Satoh, H., Iwata, N., Omura, T., Kasai, Z. y Tanaka, K. 1987. Purification of protein body-I of rice seed and its polypeptide composition. *Plant Cell Physiol.*, 28:1517-1527.

Ogawa, M., Kumamaru, T., Satoh, H., Omura, T., Park, T., Shintaku, K. y Baba, K. 1989. Mutants of rice storage proteins. II. Isolation and characterization of protein bodies from rice mutants. *Theor. Appl. Genet.*, 78: 305-310.

Ohta, H., Aibara, S., Yamashita, H., Sekiyama, F. y Morita, Y. 1990. Post-harvest drying of fresh rice grain and its effects on deterioration of lipids during storage. *Agric. Biol. Chem.*, 54:1157-1164.

OMS. 1985. *Necesidades de energía y de proteínas*. Informe de una Reunión Consultiva Conjunta de Expertos FAO/OMS/UNU. OMS Tech. Reg. Ser. Nº 724. Ginebra, OMS. 206 págs.

Omura, T. y Satoh, H. 1984. Mutation of grain properties in rice. *En* S. Tsunoda y N. Takahashi, eds. *Biology of rice*. Tokio, Japan Scientific Societies Press; Amsterdam, Elsevier, págs. 293-303.

Ory, R.L., Bog-Hansen, T.C. y Mod, R.R. 1981. Properties of hemaglutinins in rice and other cereal grains. *En* R.L. Ory, ed. *Antinutrients and natural toxicants in foods*. Westport, CT, EE.UU., Food & Nutrition Press, Inc.

Padua, A.B. y Juliano, B.O. 1974. Effect of parboiling on thiamin, protein and fat of rice. *J. Sci. Food Agric.*, 25: 697-701.

Palmiano, E.P. y Juliano, B.O. 1972. Physicochemical properties of Niigata waxy rices. *Agric. Biol. Chem.*, 36: 157-159.

Panlasigui, L.N. 1989. *Glycemic response to rice.* Tesis de doctorado. University of Toronto, Department of Nutritional Sciences. 171 págs.

Pedersen, B. y Eggum, B.O. 1983. The influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains. IV. Rice. *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.*, 33: 267-278.

Pereira, S.M., Begum, A. y Juliano, B.O. 1981. Effect of high protein rice on nitrogen retention and growth of preschool children on a rice-based diet. *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.*, 31:97-108.

Pérez, C.M., Cagampang, G.B., Esmama, B.V., Monserrate, R.U. y Juliano, B.O. 1973. Protein metabolism in leaves and developing grains of rices differing in grain protein content. *Plant Physiol.*, 51: 537-542.

Pérez, C.M. y Juliano, B.O. 1988. Varietal differences in quality characteristics of rice layer cakes and fermented cakes. *Cereal Chem.*, 65: 40-43.

Pérez, C.M., Juliano, B.O., Pascual, C.G. y Novenario, V.G. 1987. Extracted lipids and carbohydrates during washing and boiling of milled rice. *Starch*, 39: 386-390.

Pillaiyar, P. 1988. *Rice postproduction manual.* New Delhi, Wiley Eastern Ltd., 437 págs.

Poola, I. 1989. Rice lectin: physico-chemical and carbohydrate-binding properties. *Carbohydr. Polym.* 10: 281-288.

Raghuram, T.C., Brahmaji Rao, U. y Rukmini, C. 1989. Studies on hypolipidemic effects of dietary rice bran oil in human subjects. *Nutr. Rep. Int.*, 39: 889-895.

Rand, W.M., Uauy, R. y Scrimshaw, N.S., eds. 1984. *Protein-energy-requirement studies in developing countries: results of international research. Tokio, UN Univ. Food Nutr. Bull. Suppl.* 10, 369 págs.

Reeck, G.R., Muthukrishnan, S. y Kramer, K.J. 1990. Cereal inhibitors of insect amylases and sulfhydryl proteases. *Abstracts 4th Annual Meeting, Rockefeller Foundation's International Program on Rice Biotechnology.* IRRI, 9-12 mayo de 1990. Nueva York, Fundación Rockefeller.

Rehana, F., Basappa, S.C. y Sreenivasa Murthy, V. 1979. Destruction of aflatoxin in rice by different cooking methods. *J. Food Sci. Technol.*, 16: 111-112.

Reilly, A. 1990. Grain quality as affected by microorganisms in tropical regions. *Food Lab. News*, 21: 32-35.

Resurrección, A.P. y Juliano, B.O. 1981. Properties of poorly digestible fraction of protein bodies of cooked milled rice. *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.*, 31:119-128.

Resurrección, A.P., Juliano, B.O. y Eggum, B.O. 1978. Preparation and properties of destarched milled rice. *Nutr. Rep. Int.*, 18: 17-25.

Resurrección, A.P., Juliano, B.O. y Tanaka, Y. 1979. Nutrient content and distribution in milling fractions of rice grain. *J. Sci. Food Agric.*, 30: 475-481.

Resurrección, A.P., Hara, T., Juliano, B.O. y Yoshida, S. 1977. Effect of temperature during ripening on grain quality of rice. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 23: 109-112.

Rivai, I.F., Koyama, H. y Suzuki, S. 1990. Cadmium content of rice and its daily intake in various countries. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 44: 910-916.

Rivera, E.F., Aligui, G.L., Taaca, A., Juliano, B.O. y Pérez, C.M. 1983. The use of "am" (rice water) among cases of acute gastroenteritis in children. *Philipp. J. Pediatr.*, 32: 22-29.

Robert L.S., Thompson, R.D. y Flavell, R.B. 1989. Tissue-specific expression of a wheat high molecular weight glutenin gene in transgenic tobacco. *Plant Cell*, 1: 569-578.

Roberts, R.L. 1972. Quick-cooking rice. *En* D.F. Houston, ed. *Rice chemistry and technology*. St. Paul, MN, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem., págs. 381-399.

Roxas, B.V., Intengan, C.Ll. y Juliano, B.O. 1975. Effect of protein content of milled rice on nitrogen retention of Filipino children fed a rice-fish diet. *Nutr. Rep. Int.*, 11: 393-398.

Roxas, B.V., Intengan, C.Ll. y Juliano, B.O. 1976. Protein content of milled rice and nitrogen retention of preschool children fed rice-mung bean diets. *Nutr. Rep. Int.*, 14: 203-207.

Roxas, B.V., Intengan, C.Ll. y Juliano, B.O. 1979. Protein quality of high-protein and low-protein milled rices in preschool children. *J. Nutr.*, 109: 832-839.

Roxas, B.V., Intengan, C.Ll. y Juliano, B.O. 1980. Effect of zinc supplementation and high-protein rice on the growth of preschool children on a rice-based diet. *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.*, 30: 213-222.

Roxas, B.V., Loyola, A.S. y Reyes, E.L. 1978. The effect of different degrees of rice milling on nitrogen digestibility and retention. *Philipp. J. Nutr.*, 31: 110-113.

Russell, P.L., Berry, C.S. y Greenwell, P. 1989. Characterization of resistant starch from wheat and maize. *J. Cereal Sci.*, 9: 1-15.

Sagara, Y. 1988. The rice surplus, and new technology for rice processing in Japan. *Food Fert. Technol. Cent. Asian Pac. Reg. Ext. Bull.*, 273:11-27.

Salcedo, J., Bamba, M.D., Carrasco, E.O., Chan, G.S., Concepción, I., José, F.R., De León, J.F., Oliveros, S.B., Pascual, C.R., Santiago, L.C. y Valenzuela, R.C. 1950. Artificial enrichement of white rice as a solution to endemic beriberi. Report of field trials in Bataan, Filipinas. *J. Nutr.*, 42: 501-523.

Sánchez, P.C., Juliano, B.O., Laude, V.T. y Pérez, C.M. 1988. Nonwaxy rice for *tapuy* (rice wine) production. *Cereal Chem.*, 65:240-243.

Sánchez, P.C., Laude, V.T., Yap, A.B. y Juliano, B.O. 1989. Effect of toasting and variety on "tapuy" quality. *Philipp. Agric.*, 72: 225-230.

Santiago, M.I.C., Roxas, B.V., Intengan, C.Ll. y Juliano, B.O. 1984. Protein and energy utilization of brown, undermilled and milled rices by preschool children. *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.*, 34: 15-25.

Satin, M. 1988. Bread without wheat. *En* S. Maneepun, P. Varangoon y B. Phithakpol, eds. *Food science and technology in industrial development. Proceedings Foods Conference '88*. Bangkok, 24-26 octubre de 1988. vol. 1. Bangkok, Kasetsart University Institute of Food Research and Product Development, págs. 42-47.

Saunders, R.M. 1990. The properties of rice bran as a foodstuff. *Cereal Foods World*, 35: 632, 634-636.

Schaeffer, G.W. y Sharpe, F.T. Jr. 1983. Improved rice proteins in plants regenerated from S-AEC-resistante callus. En *Proc. Workshop Cell and Tissue Culture Techniques for Cereal Crop Improvement*. Beijing, Science Press y Manila, IRRI, págs 279-290.

Scrimshaw, N.S. 1988. Nutrition and health – new knowledge, new challenges. *En* K. Yasumoto, Y. Itokawa, H. Koishi e Y. Sanno, eds. *Proc. 5th Asian Congress Nutrition*. Osaka, 26-29 octubre de 1987. Tokio, Center for Academic Publications, págs. 6-23.

Seiber, J.M., Heinrichs, E.A., Aquino, G.B., Valencia, S.L., Andrade, P. y Argente, A.M. 1978. *Residues of carbofuran applied as a systematic insecticide in irrigated wetland rice* – implications for insect control. Research Paper Ser. N° 17, Manila, IRRI, 27 págs.

Seshu, D.V., Krishnasamy, V. y Siddique, S.B. 1988. Seed vigor in rice. *Rice Seed Health*. Actas del Seminario internacional IRRI/PNUD, 16-20 marzo de 1987. Manila, IRRI, págs. 317-329.

Shankara, T., Ananthachar, T.K., Narasimha, V., Krishnamurthy, H. y Desikachar, H.S.R. 1984. Improvements of the traditional edge runner process for rice flake production. *J. Food Sci. Technol.*, 21: 121-122.

Sharma, R.D. y Rukmini, C. 1986. Rice bran oil and hypocholesterolemia in rats. *Lipids*, 21:715-717.

Sharma, R.D. y Rukmini, C. 1987. Hypocholesterolemic activity of unsaponificable matter of rice bran oil. *Indian J. Med. Res.*, 85:278-281.

Shibuya, N. 1989. Comparative studies on the cell wall polymers obtained from different parts of rice grains. *En* N.G. Lewis y M.G. Paice, eds. *Plant cell wall polymers: biogenesis and biodegradation*. Symp. Nº 399, Washington, D.C., Am. Chem. Soc., págs. 333-344.

Siscar-Lee, J.J.H., Juliano, B.O., Qureshi, R.H. y Akbar, M. 1990. Effect of saline soil on grain quality of rices differing in salinity tolerance. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 40: 31-36.

Soni, S.K. y Sandhu, D.K. 1989. Fermentation of *idli*: effects of changes in raw materials and physico-chemical conditions. *J. Cereal Sci.*, 10: 227-238.

Sosulski, F.W. e Imafidon, G.I. 1990. Amino acid composition and nitrogen-to-protein conversion factors for animal and plant foods. *J. Agric. Food Chem.*, 38: 1351-1356.

Souci, S.W. Fuchmann, W. y Kraut, H. 1986. *Food compositon and nutrition tables 1986/1987*. 3a ed. rev. Stuttgart, Alemania, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft GmbH.

Sowbhagya, C.M. y Bhattacharya, K.R. 1976. Lipid autoxidation in rice. *J. Food Sci.*, 41:1018-1023.

Srinivas, T. y Bhashyam, M.K. 1985. Effect of variety and environment on milling quality of rice. En *Rice grain quality and marketing*. Manila, IRRI, págs. 51-59.

Srinivas, T. y Desikachar, H.S.R. 1973. Factors affecting the puffing quality of paddy. *J. Sci. Food Agric.*, 24: 883-891.

Srinivasa Rao, P. 1970. Studies on the nature of carbohydrate moiety in high yielding varieties of rice. *J. Nutr.*, 101: 879-884.

Srinivasa Rao, P. 1976. Nature of carbohydrates in red rice varieties. *Plant Foods Man*, 2:69-74.

Steinkraus, K.H. ed. 1983. *Handbook of indigenous fermented foods*. Nueva York, Marcel Dekker, Inc., 671 págs.

Stemmermann, G.N. y Kolonel, L.N. 1978. Talc-coated rice as a risk factor for stomach cancer. *Am. J. Clin. Nutr.*, 31: 2017-2019.

Stucy Johnson, F.C. 1988. Utilization of American-produced rice in muffins for gluten-sensitive individuals. *Home Econ. Res. J.*, 17: 175-183.

Sugimoto, T., Tanaka, K. y Kasai, Z. 1986. Molecular species in the protein body II (PB-II) of developing rice endosperm. *Agric. Biol. Chem.*, 50: 3031-3035.

Susheelamma, N.S. y Rao, M.V.L. 1979. Functional role of the arabinogalactan of black gram (*Phaseolus mungo*) in the texture of leavened foods (steamed puddings). *J. Food Sci.*, 44:1309-1312, 1316.

Suzuki, S., Tetsuka, T., Kajiwara, K. y Mitani, M. 1962. Influence of several lipids on human serum cholesterol. V. Effect of rice oil. *Jpn. J. Nutr.*, 20: 139-141 (en japonés).

Taira, H., Nakagahra, M. y Nagamine, T. 1988. Fatty acid composition of indica, sinica, japonica, and japonica groups of nonglutinous brown rice. *J. Agric. Food Chem.*, 36:45-47.

Taira, H., Taira, H. y Fujii, K. 1979. Influence of cropping season on lipid content and fatty acid composition of lowland nonglutinous brown rice. *Nippon Sakumotsu Gakkai Kiji*, 48:371-377.

Takahashi, K., Sugimoto, T., Miura, T., Wasizu, Y. y Yoshizawa, K. 1989. Isolation and identification of red rice pigments. *Nippon Jozo Kyokai Zasshi*, 84:807-812.

Takeda, Y., Hizukuri, S. y Juliano, B.O. 1987. Structures of rice amylopectin with low and high affinities for iodine. *Carbohydr. Res.*, 168:79-88.

Tanaka, K. y Ogawa, M. 1988. Storage protein genes and their expression control: specially focusing on the improvement of PB-I digestibility. *Abstracts Annual Meeting Rockefeller Foundation Program on Rice Biotechnology*. IRRI, 20-22 de enero de 1988. Manila, IRRI.

Tanaka, K., Ogawa, M. y Kasai, Z. 1977. The rice scutellum. II. A comparison of scutellar and aleurone electron-dense particles by transmission electron microscopy including energy-dispersive X-ray analysis. *Cereal Chem.*, 54: 684-689.

Tanaka, K., Sugimoto, T., Ogawa, M. y Kasai, Z. 1980. Isolation and characterization of two types of protein bodies in the rice endosperm. *Agric. Biol. Chem.*, 44: 1633-1639.

Tanaka, K., Yoshida, T., Asada, K. y Kasai, Z. 1973. Subcellular particles isolated from aleurone layer of rice seeds. *Arch. Biochem. Biophys.*, 155: 136-143.

Tanaka, Y., Hayashida, S. y Hongo, M. 1975. Quantitative relation between feces protein particles and rice protein bodies. *Nippon Nogei Kagaku Kaishi*, 49: 425-429.

Tanaka, Y., Resurrección, A.P., Juliano, B.O. y Bechtel, D.B. 1978. Properties of whole and undigested fraction of protein bodies of milled rice. *Agric. Biol. Chem.*, 42: 2015-2023.

Tanchoco, C.C., Castro, M.C.A., Alcaraz, S.A., Bassig, M.C.C., De los Santos, E. y Lana, R.D. 1990. *Glycemic effects of different sources and forms of carbohydrate foods and levels of fiber.* Ponencia presentadas a Food Nutr. Res. Inst. 16th Seminar Ser., Manila, 19-20 julio de 1990.

Tang, S.X., Khush, G.S. y Juliano, B.O. 1989. Diallel analysis of gel consistency in rice (*Oryza sativa* L.). *SABRAO J.*, 21: 135-142.

Tani, T. 1985. Rice processing industries in Japan. *Rice processing industries.* Seminario regional FAO/PNUD, Yakarta, 15-20 julio de 1985. Bangkok, FAO, págs. 82-101.

Tanphaichit, V. 1985. Epidemiology and clinical assessment of vitamin deficiencies in Thai children. *En* R.E. Eeckels, O. Ransome-Kuti y C.C. Kroonenberg, eds., *Child health in the tropics.* Dordrecht, M. Nijhoff Publishers, págs. 151-166.

Toenniessen, G.H. y Herdt, R.W. 1989. The Rockefeller Foundations's international program on rice biotechnology. *En* J.I. Cohen, ed. *Strenghthening collaboration in biotechnology: international agricultural research and the private sector.* Washington, D.C., USAID, Oficina para la Ciencia y la Tecnología, págs. 291-317.

Tontisirin, K., Ajmanwra, N. y Valyasevi, A. 1984. Long-term study on the adequacy of usual Thai weaning food for young children. *UN Univ. Food Nutr. Bull. Suppl.*, 10: 265-285.

Tontisirin, K., Sirichakawal, P.P. y Valyasevi, A. 1981. Protein requirements of adult Thai males. *UN Univ. Food Nutr. Bull. Suppl.*, 5: 88-97.

Topping, D.L., Illman, R.J., Roach, P.D., Trimble, R.P., Kambouris, A. y Nestel, P.J. 1990. Modulation of the hypolipidemic effect of fish oils by dietary fiber in fats: studies with rice and wheat bran. *J. Nutr.*, 120: 325-330.

Torún, B., Young, V.R. y Rand, W.R., eds. 1981. *Protein-energy requirements of developing countries: evaluation of new data. UN Univ. Food Nut. Bull. Suppl.*, 5. 268 págs.

Tribelhorn, R.E., O'Deen, L.A., Harper, J.M. y Fellers, D.A. 1986. *Investigation on extrusion for ORT samples*. Boulder, CO, EE.UU., Colorado State University Research Foundation, 70 págs.

Trowell, H. 1987. Diabetes mellitus and rice - a hypothesis. *Human Nutr.: Food Sci. Nutr.*, 41F: 145-152.

Tsai, S.T., Chwang, L.C., Doong, T.I. y Mu, H.L. 1990. Glycemic response of rice and rice products in NIDDM. *Program and Abstracts, Asian Symposium on Rice and Nutrition*. Taipei, 22-23 junio de 1990. Taipei, Taipei Dietitians Association, pág. 54.

Tsugita, T. 1986. Aroma of cooked rice. *Food Rev. Int.*, 1: 497-520.

Tstutsumi, C. y Shimomura, C. 1978. Changes of the contents of mineral elements and protein by milling and washing with water. *Shokuhin Sogo Kenkyusho Kenkyu Hokoku*, 33:12-17.

Tulpule, P.G., Nagarajan, V. y Bhat, R.V. 1982. *Environment causes of food contamination*. Environment India Review–Series N°1. New Delhi, Government of India, Department of Environment.

UNICEF. 1991. *Estado Mundial de la Infancia*. Nueva York, UNICEF.

Unnevehr, L.J., Juliano, B.O., Pérez, C.M. y Marciano, E.B. 1985. *Consumer demand for rice grain quality in Tahiland, Indonesia, and the Philippines*. Research Paper Ser. N°116, IRRI, 20 págs.

Unnevehr, L.J. y Stanford, M.L. 1985. Technology and the demand for women's labour in Asian rice farming. En *Women in rice farming*. Aldershot, Hants. Reino Unido, Gower Publishing Co. Ltd., págs. 1-20.

van Ruiten, H.T.L. 1985. Rice milling: an overview. *En* B.O. Juliano, ed. *Rice chemistry and technology*. 2ªed. St. Paul, MN, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem., págs. 349-388.

Vasanthi, S. y Bhat, R.V. 1990. Aflatoxins in stored rice. *Int. Rice Res. Newsl.*, 15(1): 39-40.

Ventura, B. 1977. Rice bran utilization in the prevention and treatment of dental decay (caries). *Conferencia Internacional sobre Utilización de los Subproductos del Arroz.* Vol. 4: Utilización del salvado de arroz: alimentación y forraje. Valencia, 1974. Valencia, Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos, págs. 215-218.

Vijayagopal, P. y Kurup, P.A. 1972. Hypolipidaemic activity of whole paddy in rats fed a high-fat high-cholesterol diet. Isolation of an active fraction from the husk and bran. *Atherosclerosis,* 15: 215-222.

Villareal, C.P. y Juliano, B.O. 1987. Varietal differences in quality characteristics of puffed rice. *Cereal Chem.,* 64: 337-342.

Villareal, C.P. y Juliano, B.O. 1989a. Variability in contents of thiamine and riboflavine in brown rice, crude oil in brown rice and bran-polish, and silicon in hull of IR rices. *Plant Foods Hum. Nutr.,* 39: 287-297.

Villareal, C.P. y Juliano, B.O. 1989b. Comparative level of waxy gene product of endosperm starch granules of different rice ecotypes. *Starch,* 41: 369-371.

Villareal, C.P., Maranville, J.V. y Juliano, B.O. 1991. Nutrient content and retention during milling of brown rice from the IRRI. *Cereal Chem.,* 68: 437-439.

Villareal, C.P., Juliano, B.O. y Sauphanor, B. 1990. Grain quality of rices grown in irrigated and upland cultures. *Plant Foods Hum. Nutr.,* 40: 37-47.

Villareal, C.P., Maranville, J.W. y Juliano, B.O. 1991. Nutrient content and retention during milling of brown rice from the IRRI. *Cereal Chem.,* 68:437-439.

Villareal, R.M. y Juliano, B.O. 1978. Properties of glutelin from mature and developing rice grain. *Phytochemistry,* 17: 177-182.

Wang, H.-H. 1980. Fermented rice products. *En* B.S. Luh, ed. *Rice: production and utilization.* Westport, CT, EE.UU., AVI Publishing Company, Inc., págs. 650-689.

Watanabe, M., Miyakawa, J., Ikezawa, Z., Suzuki, Y., Hirao, T., Yoshizawa, T. y Arai, S. 1990a. Production of hypoallergenic rice by enzymatic decomposition of constituent proteins. *J. Food Sci.,* 55: 781-783.

Watanabe, M., Yoshizawa, T., Miyakawa, J., Ikezawa, Z., Abe, K., Yanagesawa, T. y Arai, S. 1990b. Quality improvement and evaluation of hypoallergenic rice grains. *J. Food Sci.,* 55: 1105-1107.

Watt, B.K. y Merrill, A.L. 1963. *Composition of foods*. Agric. Handbook 8. Washington, D.C., U.S. Dept. Agric. Consumer and Food Economics Res. Div. 190 págs.

Williams, R.R. 1956. *Williams-Waterman Fund for the Combat of Dietary Diseases. A history of the period 1935 through 1955*. Nueva York, Research Corporation, 120 págs.

Wolever, T.M.S., Jenkins, D.J.A., Kalmusky, J., Jenkins, A., Giordano, C., Guidici, S., Josse, R.G. y Wong, G.S. 1986. Comparison of regular and parboiled rices: explanation of discrepancies between reported glycemic responses to rice. *Nutr. Res.*, 6: 349-357.

Wong, H.B. 1981. Rice water in treatment of infantil gastroenteritis. *Lancet*, 2: 102-103.

Yamagata, H., Sugimoto, T., Tanaka, K. y Kasai, Z. 1982. Biosynthesis of storage proteins in developing rice seeds. *Plant Physiol.*, 70: 1094-1100.

Yap, A.B., Ilag, L.L., Juliano, B.O. y Pérez, C.M. 1987. Soaking in *Aspergillus parasiticus*-inoculated water and aflatoxin in parboiled rice. *Hum. Nutr.: Food Sci. Nutr.*, 41F:225-229.

Yap, A.B., Pérez, C.M. y Juliano, B.O. 1990. Artificial yellowing of rice at 60°C. *En* J.O. Naewbanij, ed., *Advances in grain postharvest technology generation and utilization. Proc. 11th ASEAN Technical Seminar on Grain Postharvest Technology*, Kuala Lumpur, 23-26 agosto de 1988. Bangkok, ASEAN Crops Postharvest Programme, págs. 3-20.

Yokoo, M. 1990. Producing new rice (Super-rice program). *Farming Jpn.*, 24(1): 29-40.

Yoshida, S. 1981. *Fundamentals of rice crop science*. Los Baños, Laguna, Filipinas, IRRI.

Yoshizawa, K. y Kishi, S. 1985. Rice in brewing. *En* B.O. Juliano, ed. *Rice chemistry and technology*. 2ª ed., St. Paul, MN, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem, págs. 619-645.



WHERE TO PURCHASE FAO PUBLICATIONS LOCALLY
POINTS DE VENTE DES PUBLICATIONS DE LA FAO
PUNTOS DE VENTA DE PUBLICACIONES DE LA FAO

25/1/93

• **ANGOLA**
Empresa Nacional do Disco e de Publicações, ENDIPU-U.E.E.
Rua Cirilo da Conceição Silva, No. 7
C.P. No. 1314-C
Luanda

• **ARGENTINA**
Librería Agropecuaria
Pasteur 743
1028 Capital Federal

• **AUSTRALIA**
Hunter Publications
P.O. Box 404
Abbotsford, Vic. 3067

• **AUSTRIA**
Gerold Buch & Co.
Weihburggasse 26
1010 Vienna

• **BAHRAIN**
United Schools International
P.O. Box 726
Manama

• **BANGLADESH**
Association of Development Agencies in Bangladesh
House No. 1/3, Block F, Lalmatia
Dhaka 1207

• **BELGIQUE**
M.J. De Lannoy
202, avenue du Roi
1060 Bruxelles
CCP 000-0808993-13

• **BOLIVIA**
Los Amigos del Libro
Perú 3712, Casilla 450, Cochabamba
Mercado 1315, La Paz

• **BOTSWANA**
Botsalo Books (Pty) Ltd
P.O. Box 1532
Gaborone

• **BRAZIL**
Fundação Getúlio Vargas
Praia do Botafogo 190, C.P. 9052
Rio de Janeiro

CANADA (See North America)

• **CHILE**
Librería - Oficina Regional FAO
Avda. Santa María 6700
Casilla 10095, Santiago
Tel. 218 53 23
Fax 218 25 47

• **CHINA**
China National Publications Import & Export Corporation
P.O. Box 88
100704 Beijing

• **COLOMBIA**
Banco Ganadero, Revista Carta Ganadera
Carrera 9ª Nº 72-21, Piso 5
Bogotá D.E.
Tel. 217 0100

• **CONGO**
Office national des librairies populaires
B.P. 577
Brazzaville

• **COSTA RICA**
Librería, Imprenta y Litografía Lehmann S.A.
Apartado 10011
San José

• **CUBA**
Ediciones Cubanas, Empresa de Comercio Exterior de Publicaciones
Obispo 461, Apartado 605
La Habana

• **CYPRUS**
MAM
P.O. Box 1722
Nicosia

• **CZECH REPUBLIC**
Artia
Ve Smeckach 30, P.O. Box 790
11127 Prague 1

• **DENMARK**
Munksgaard, Book and Subscription Service
P.O. Box 2148
DK 1016 Copenhagen K
Tel. 4533128570
Fax 4533129387

• **ECUADOR**
Libri Mundi, Librería Internacional
Juan León Mera 851,
Apartado Postal 3029
Quito

• **ESPAÑA**
Mundi Prensa Libros S.A.
Castelló 37
28001 Madrid
Tel. 431 3399
Fax 575 3998
Librería Agrícola
Fernando VI 2
28004 Madrid
Librería Internacional AEDOS
Consejo de Ciento 391
08009 Barcelona
Tel. 301 8615
Fax 317 0141
Llibreria de la Generalitat de Catalunya
Rambla dels Estudis, 118
(Palau Moja)
08002 Barcelona
Tel. (93)302 6462
Fax 302 1299

• **FINLAND**
Akateeminen Kirjakauppa
P.O. Box 218
SF-00381 Helsinki

• **FRANCE**
La Maison Rustique
Flammarion 4
26, rue Jacob
75006 Paris
Librairie de l'UNESCO
7, place de Fontenoy
75700 Paris
Editions A. Pedone
13, rue Soufflot
75005 Paris

• **GERMANY**
Alexander Horn Internationale Buchhandlung
Kirchgasse 22, Postfach 3340
D 6200 Wiesbaden
Uno Verlag
Poppelsdorfer Allee 55
D 5300 Bonn 1
S. Toeche-Mittler GmbH
Versandbuchhandlung
Hindenburgstrasse 33
D 6100 Darmstadt

• **GREECE**
G.C. Eleftheroudakis S.A.
4 Nikis Street
10563 Athens
John Mihalopoulos & Son S.A.
75 Hermou Street, P.O. Box 10073
54110 Thessaloniki

• **GUYANA**
Guyana National Trading Corporation Ltd
45-47 Water Street, P.O. Box 308
Georgetown

• **HAÏTI**
Librairie "A la Caravelle"
26, rue Bonne Foi, B.P. 111
Port-au-Prince

• **HONDURAS**
Escuela Agrícola Panamericana, Librería RTAC
Zamorano, Apartado 93
Tegucigalpa
Oficina de la Escuela Agrícola Panamericana en Tegucigalpa
Blvd. Morazán, Apts. Glapson
Apartado 93
Tegucigalpa

• **HONG KONG**
Swindon Book Co.
13-15 Lock Road
Kowloon

• **HUNGARY**
Kultura
P.O. Box 149
H-1389 Budapest 62

• **ICELAND**
Snaebjörn Jónsson and Co. h.f.
Hafnarstraeti 9, P.O. Box 1131
101 Reykjavik

• **INDIA**
Oxford Book and Stationery Co.
Scindia House, New Delhi 110 001;
17 Park Street, Calcutta 700 016
Oxford Subscription Agency, Institute for Development Education
1 Anasuya Ave., Kilpauk
Madras 600 010

• **IRELAND**
Publications Section, Stationery Office
4-5 Harcourt Road
Dublin 2

• **ITALY**
FAO (See last column)
Libreria Scientifica Dott. Lucio de Biasio "Aeiou"
Via Coronelli 6
20146 Milano
Libreria Concessionaria Sansoni S.p.A. "Licosa"
Via Duca di Calabria 1/1
50125 Firenze
Libreria Internazionale Rizzoli
Galleria Colonna, Largo Chigi
00187 Roma

• **JAPAN**
Maruzen Company Ltd
P.O. Box 5050
Tokyo International 100-31

• **KENYA**
Text Book Centre Ltd
Kijabe Street, P.O. Box 47540
Nairobi

• **KOREA, REP. OF**
Eulyoo Publishing Co. Ltd
46-1 Susong-Dong, Jongro-Gu
P.O. Box 362, Kwangwha-Mun
Seoul 110

• **KUWAIT**
The Kuwait Bookshops Co. Ltd
P.O. Box 2942
Safat

• **LUXEMBOURG**
M.J. De Lannoy
202, avenue du Roi
1060 Bruxelles (Belgique)



WHERE TO PURCHASE FAO PUBLICATIONS LOCALLY
POINTS DE VENTE DES PUBLICATIONS DE LA FAO
PUNTOS DE VENTA DE PUBLICACIONES DE LA FAO

• ***MAROC***
Librairie "Aux Belles Images"
281, avenue Mohammed V
Rabat

• ***MEXICO***
Librería, Universidad Autónoma de Chapingo
56230 Chapingo
Libros y Editoriales S.A.
Av. Progreso N° 202-1 Piso A
Apdo Postal 18922 Col. Escandón
11800 México D.F.
Only machine readable products:
Grupo Qualita
Kansas N° 38 Colonia Nápolea
03810 Mexico D.F.
Tel 682-3333

• ***NETHERLANDS***
Roodveldt Import B.V.
Browersgracht 288
1013 HG Amsterdam
SDU Publishers Plantijnstraat
Christoffel Plantijnstraat 2
P.O. Box 20014
2500 EA The Hague

• ***NEW ZEALAND***
Legislation Services
P.O. Box 12418
Thorndon, Wellington

• ***NICARAGUA***
Librería Universitaria, Universidad Centroamericana
Apartado 69
Managua

• ***NIGERIA***
University Bookshop (Nigeria) Ltd
University of Ibadan
Ibadan

• ***NORTH AMERICA***
Publications:
UNIPUB
4611/F Assembly Drive
Lanham MD 20706-4391, USA
Toll-free 800 233-0504 (Canada)
800 274 4888 (USA)
Fax 301 459 0056
Periodicals:
Ebsco Subscription Services
P.O. Box 1431
Birmingham AL 35201-1431, USA
Tel (205) 991-6600
Telex 78-2661
Fax (205) 991-1449
The Faxon Company Inc.
15 Southwest Park
Westwood MA 02090, USA
Tel 6117 329-3350
Telex 95 1980
Cable F W Faxon Wood

• ***NORWAY***
Narvesen Info Center
Bertrand Narvesens vei 2
P.O. Box 6125, Etterstad
0602 Oslo 6

• ***PAKISTAN***
Mirza Book Agency
65 Shahrah-e-Quaid-e-Azam
P.O. Box 729, Lahore 3
Sasi Book Store
Zaibunnisa Street
Karachi

• ***PARAGUAY***
Mayer's Internacional - Publicaciones Tecnicas
Gral. Diaz 629 c/15 de Agosto
Casilla de Correo Nº 1416
Asunción Tel 448 246

• ***PERU***
Librería Distribuidora "Santa Rosa"
Jirón Apurimac 375, Casilla 4937
Lima 1

• ***PHILIPPINES***
International Book Center (Phils)
Room 1703, Cityland 10
Condominium Cor. Ayala Avenue &
H.V. dela Costa Extension
Makati, M.M.

• ***POLAND***
Ars Polona
Krakowskie Przedmiescie 7
00-950 Warsaw

• ***PORTUGAL***
Livraria Portugal, Dias e Andrade Ltda.
Rua do Carmo 70-74, Apartado 2681
1117 Lisboa Codex

• ***ROMANIA***
Ilexim
Calea Grivitei No 64066
Bucharest

• ***SAUDI ARABIA***
The Modern Commercial University Bookshop
P.O. Box 394
Riyadh

• ***SINGAPORE***
Select Books Pte Ltd
03-15 Tanglin Shopping Centre
19 Tanglin Road
Singapore 1024

• ***SLOVENIA***
Cankarjeva Zalozba
P.O. Box 201-IV
61001 Ljubljana

• ***SOMALIA***
"Samater's"
P.O. Box 936
Mogadishu

• ***SRI LANKA***
M.D. Gunasena & Co. Ltd
217 Olcott Mawatha, P.O. Box 246
Colombo 11

• ***SUISSE***
Librairie Payot S.A.
107 Freiestrasse, 4000 Basel 10
6, rue Grenus, 1200 Genève
Case Postale 3212, 1002 Lausanne
Buchhandlung und Antiquariat Heinimann & Co.
Kirchgasse 17
8001 Zurich
UN Bookshop
Palais des Nations
CH-1211 Genève 1
Van Diermen Editions Techniques
ADECO
Case Postale 465
CH-1211 Genève 19

• ***SURINAME***
Vaco n.v. in Suriname
Domineestraat 26, P.O. Box 1841
Paramaribo

• ***SWEDEN***
Books and documents:
C.E. Fritzes
P.O. Box 16356
103 27 Stockholm
Subscriptions:
Vennergren-Williams AB
P.O. Box 30004
104 25 Stockholm

• ***THAILAND***
Suksapan Panit
Mansion 9, Rajdamnern Avenue
Bangkok

• ***TOGO***
Librairie du Bon Pasteur
B.P. 1164
Lomé

• ***TUNISIE***
Société tunisienne de diffusion
5, avenue de Carthage
Tunis

• ***TURKEY***
Kultur Yayinlari Is - Turk Ltd Sti.
Ataturk Bulvari No. 191, Kat. 21
Ankara
Bookshops in Istanbul and Izmir

• ***UNITED KINGDOM***
HMSO Publications Centre
51 Nine Elms Lane
London SW8 5DR
Tel (071) 873 9090 (orders)
(071) 873 0011 (inquiries)
Fax (071) 873 8463
HMSO Bookshops:
49 High Holborn, London WC1V 6HB
Tel (071) 873 0011
258 Broad Street
Birmingham B1 2HE
Tel (021) 643 3740
Southey House, 33 Wine Street
Bristol BS1 2BQ
Tel (0272) 264306
9-21 Princess Street
Manchester M60 8AS
Tel (061) 834 7201
80 Chichester Street
Belfast BT1 4JY
Tel (0232) 238451
71 Lothian Road
Edinburgh EH3 9AZ
Tel (031) 228 4181
Only machine readable products:
Microinfo Limited
P.O. Box 3, Omega Road, Alton,
Hampshire GU342PG
Tel (0420) 86848
Fax (0420) 89889

• ***URUGUAY***
Librería Agropecuaria S.R.L.
Buenos Aires 335
Casilla 1755
Montevideo C.P. 11000

• ***USA (See North America)***

• ***VENEZUELA***
Tecni-Ciencia Libros S.A.
Torre Phelps Mezzanina, Plaza Venezuela
Caracas
Tel 782 8697-781 9945-781 9954
Tamanaco Libros Técnicos S.R.L.
Centro Comercial Ciudad Tamanaco,
Nivel C-2
Caracas
Tel 261 3344-261 3335-959 0016
Tecni-Ciencia Libros, S.A.
Centro Comercial, Shopping Center
Av. Andrés Eloy, Urb. El Prebo
Valencia, Edo. Carabobo
Tel 222 724
Fudeco, Librería
Avenida Libertador-Esta, Ed. Fudeco,
Apartado 254
Barquisimeto C.P. 3002, Ed. Lara
Tel (051) 538 022
Fax (051) 544 394
Télex (051) 513 14 FUDEC VC

• ***YUGOSLAVIA***
Jugoslovenska Knjiga, Trg.
Republike 5/8, P.O. Box 36
11001 Belgrade
Prosveta
Terazije 16/1, Belgrade

Other countries / Autres pays / Otros países
Distribution and Sales Section, FAO
Viale delle Terme di Caracalla
00100 Roma, Italy
Tel (39-6) 57974608
Telex 625852 / 625853 / 610181 FAO I
Fax (39-6) 57973152 / 5782610 / 5745090

El arroz en la nutrición humana presenta una visión amplia y actualizada de los aspectos nutricionales del arroz, incluyendo además información sobre su estructura, calidad, composición química y valor nutritivo. Se tratan asimismo las características y calidades que influencian su consumo y comercio, como por ejemplo la producción, la tecnología postcosecha, la elaboración y la preparación, y se describen procedimientos para mejorar el valor nutritivo de este importante cereal.

Los resultados de una extensiva revisión de datos científicos obtenidos en estudios tecnológicos y experimentales se presentan de manera clara y concisa en los cuadros y figuras que acompañan el texto.

El arroz en la nutrición humana podrá ser de gran utilidad a los agrónomos, nutricionistas, dietólogos, científicos de los alimentos e investigadores que se ocupan del arroz y la nutrición humana.

